

# **METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO CICLO DE VIDA A SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

**MIGUEL ÂNGELO FERREIRA MARQUES**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS  
E AMBIENTE**

---

Orientador: Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente

JULHO DE 2010

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais e ao Ivo

*Quem busca o conhecimento e o acha, obterá dois prêmios: Um por procurá-lo, e outro por achá-lo. Se não o encontrar, ainda restará o primeiro prêmio.*

*Gaston Bachelard*



## **AGRADECIMENTOS**

A realização desta dissertação não teria sido possível, sem o estímulo e empenho das diversas pessoas que me ajudaram. Gostaria, por este facto, de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade.

É certamente difícil exprimir todos os merecidos agradecimentos ao Professor Paulo Tenreiro Monteiro, orientador desta dissertação, pela proximidade, ajuda e companheirismo, demonstrados na realização desta dissertação. Acima de tudo o meu profundo e sentido obrigado, pelas palavras recebidas e por estimular o meu interesse pela procura do conhecimento.

Ao Professor José Carlos Tentúgal Valente, orientador desta dissertação, pela disponibilidade demonstrada, empenho, interesse na sua conclusão e pelos desafios que me foi colocando na realização deste trabalho à medida que caminhávamos para a sua conclusão.

Gostaria de expressar o meu agradecimento às Águas de Valongo SA, principalmente à Eng.<sup>a</sup> Mónica Pinto, pelo carinho, preocupação e pelos elementos facultados, à Eng.<sup>a</sup> Alexandra Cunha, pela disponibilidade na realização desta dissertação, à Eng.<sup>a</sup> Elisabete Moura pela ajuda e ideias transmitidas no âmbito deste estudo e ao Eng.<sup>o</sup> Pedro Huberto pelos elementos disponibilizados.

Finalmente, agradeço aos meus pais e amigos, o apoio demonstrado, por tudo o que representam para mim.



## **Resumo**

Actualmente, muitas entidades gestoras dão-se conta que os problemas de manutenção e exploração das redes de drenagem de águas residuais criam significativos encargos para as entidades que gerem os sistemas. Assim, há um forte interesse em conhecer todos os aspectos envolvidos e de se efectuar uma previsão dos impactos a médio e longo prazo, para que se adopte medidas tendentes à redução dos consequentes custos e dos riscos para o meio ambiente, na vertente económica e ambiental.

A dissertação aqui apresentada surge no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia civil (ano lectivo: 2009/2010) e apresenta uma metodologia para aplicação dos princípios do ciclo de vida para a rede de drenagem de águas residuais, em Valongo.

No estudo realizado tiveram-se em conta os processos envolvidos no ciclo de vida das redes e os custos suportados pela empresa Águas de Valongo, SA, que gere o sistema de drenagem e tratamento de águas residuais em Valongo. A informação usada reporta ao ano 2009, onde foram recolhidos os dados dos processos resultantes da exploração e manutenção da rede para posterior avaliação do ciclo de vida.

Na metodologia estudada, tiveram-se em atenção os principais impactos sobre o meio ambiente, visto ter implicância nos domínios da poluição da água, produção de resíduos e libertação de gases tóxicos para a atmosfera. Assim, avaliaram-se os processos mais determinantes, nomeadamente, a infiltração em colectores, a acumulação de sólidos, os consumos de energia, as avarias dos equipamentos, as descargas de águas residuais, septicidade e os resíduos sólidos produzidos na ETAR. Pelo facto não ter sido possível avaliar o impacto ambiental dos processos intervenientes no ciclo de vida da rede, foi adoptado, como forma de caracterização, o uso de indicadores de desempenho para a rede em Valongo.

No que diz respeito à análise de custos, foram utilizados modelos matemáticos para avaliação dos custos de ciclo de vida da rede em Valongo, dando ênfase a todos os custos preponderantes numa rede de drenagem de águas residuais desde o ano 2008 até ao ano 2048. Realizaram-se ainda análises de sensibilidade tendo em conta alterações nos seguintes parâmetros: taxa de variação dos custos de energia e variação do período de vida útil dos equipamentos.

Os resultados alcançados demonstram a importância deste estudo, no apoio à gestão integrada dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rede de Drenagem e Tratamento de Águas residuais, Análise de Ciclo de Vida, Indicadores de Desempenho, Análise dos Custos de Ciclo de Vida, Valor Temporal do Dinheiro.





## **ABSTRACT**

Nowadays, many entities become aware that maintenance and operation problems in sewerage systems create significant costs. As such, there is a strong interest in detecting all concerning aspects and predicting the medium and long-term impacts in order to adopt measures that may reduce the resulting costs and risks to the environment.

The context of this project, integrated on the Master's Degree in Civil Engineering (academic year: 2009/2010), is to present a methodology for the application of the life cycle principles analysis for the drainage of wastewater in Valongo.

In this project, it was taken into account, the processes involved in the life cycle and all costs supported by the company “Águas de Valongo, SA”. The information used was collected in 2009 from the exploration and maintenance network for further evaluation of the life cycle.

In the proposed methodology, it was taken into account the main impacts on the environment, since it has implication in the areas of water pollution, waste production and release of toxic gases into the atmosphere. In this analysis, the most crucial processes were highlighted, including infiltration into sewers, accumulation of solids, energy consumption, equipment malfunctions, wastewater discharges, septicity and solid waste produced in the Waste Treatment Plant. Due to a lack of available sources, it was not possible to evaluate the environmental impact involved in the life cycle analysis. And so, it was adopted, as a mean of characterization, the use of performance indicators for the Valongo network.

Mathematical models were used to evaluate the life cycle costs, concerning all the significant costs from the year 2008 to the chosen target year of 2048. Sensitivity analyses were performed, taking into account changes in the following parameters: actual change rate in energy costs and the period of useful equipment life-time in the sewer network.

The achieved results show the importance of this study, as a methodology that assists in decision making, in integrated drainage systems and wastewater treatment management.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. APRESENTAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA .....	1
1.2. ÂMBITO E OBJECTIVOS .....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	3
<b>2. DRENAGEM E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PORTUGAL</b> .....	5
2.1. GENERALIDADES .....	5
2.2. CARACTERIZAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO EM PORTUGAL .....	6
2.2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	6
2.2.2. PRINCIPAIS DADOS ESTATÍSTICOS – RASARP E INSAAR 2008 .....	7
2.2.3. PRINCIPAIS ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO DE INVESTIMENTOS – PEAASAR .....	11
2.2.4. PRINCIPAIS ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL .....	14
2.2.5. ENQUADRAMENTO LEGAL - LEGISLAÇÃO RELEVANTE .....	16
<b>3. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)</b> .....	19
3.1. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA EM REDES DE SANEAMENTO .....	19
3.2. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA – CONCEITO .....	20
3.3. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA - EVOLUÇÃO HISTÓRICA .....	21
3.4. DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA .....	22
3.5. DEFINIÇÃO DOS OBJECTIVOS .....	23
3.6. PROBLEMAS NOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS .....	23
3.7. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA .....	25
3.7.1. SANEAMENTO BÁSICO .....	26
3.8. AVALIAÇÃO DE IMPACTES DE CICLO DE VIDA .....	27
3.8.1. ELEMENTOS DE AICV .....	27

3.8.2. SELECÇÃO DAS CATEGORIAS DE IMPACTE, INDICADORES DE CATEGORIA E MODELOS DE CARACTERIZAÇÃO .....	28
3.8.3. CLASSIFICAÇÃO .....	28
3.8.4. CARACTERIZAÇÃO .....	28
3.8.5. NORMALIZAÇÃO .....	28
3.8.6. PONDERAÇÃO .....	28
<b>3.9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>29</b>

## **4. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV) .....**

<b>4.1. CUSTO DO CICLO DE VIDA - O CONCEITO .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2. CUSTO DE CICLO DE VIDA - EVOLUÇÃO HISTÓRICA .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA .....</b>	<b>33</b>
<b>4.4. ÂMBITO E OBJECTIVOS .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>35</b>
4.5.1. CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS.....	35
4.5.2. ESTIMATIVA DOS CUSTOS.....	38
4.5.3. O VALOR TEMPORAL DO DINHEIRO.....	38
4.5.4. PERÍODO DE ESTUDO.....	41
4.5.4.1. Ano início de exploração .....	41
4.5.4.2. Data de início de utilização – período início de exploração do sistema.....	41
4.5.5 TAXA DE INFLAÇÃO E TAXA DE ACTUALIZAÇÃO.....	42
<b>4.6. IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>

## **5. CASO DE ESTUDO – VALONGO .....**

<b>5.1. GENERALIDADES.....</b>	<b>45</b>
<b>5.2. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO – VALONGO.....</b>	<b>46</b>
<b>5.3. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>48</b>
5.3.1. ANÁLISE DE CICLO DE VIDA .....	48
5.3.2. ANÁLISE DE CUSTO DE CICLO DE VIDA.....	48
<b>5.4. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA REDE DE SANEAMENTO .....</b>	<b>49</b>
5.4.1. DEFINIÇÃO DE OBJECTIVOS E ÂMBITO .....	49
5.4.2. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) .....	50
5.4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS INTERVENIENTES NO CICLO DE VIDA DA REDE .....	52

5.4.3.1. Infiltração .....	52
5.4.3.2. Acumulação de sólidos .....	58
5.4.3.3. Quantidade de resíduos sólidos e semi-sólidos produzidos na ETAR .....	59
5.4.3.4. Quantidade Consumo de Energia .....	62
5.4.3.5. Estado de conservação dos materiais – Avarias .....	65
5.4.3.6. Septicidade .....	67
5.4.3.7. Descargas não controladas para o meio receptor .....	69
<b>5.5. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO .....</b>	<b>72</b>
5.5.1. INDICADORES DE DESEMPENHO PROPOSTOS .....	74
5.5.2. INTEGRAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO NA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS .....	77
<b>5.6. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DA REDE DE SANEAMENTO .....</b>	<b>80</b>
5.6.1. CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS .....	80
5.6.2. ESTIMATIVA DOS CUSTOS .....	82
5.6.3. VALOR TEMPORAL DO DINHEIRO E TAXA DE ACTUALIZAÇÃO .....	84
5.6.3.1. Valores de Actualização de Custos .....	85
5.6.4. CUSTOS DE CICLO DE VIDA .....	85
5.6.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	90
 <b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	 <b>93</b>
6.1. CONCLUSÕES .....	93
6.2. RECOMENDAÇÕES .....	96
BIBLIOGRAFIA .....	97
 <b>ANEXO 1 – INDICADORES DE DESEMPENHO .....</b>	 <b>1</b>
<b>ANEXO 2 – ACCV COM OS VOLUMES DO CONTRATO DE CONCESSÃO EM 2009 .....</b>	<b>7</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Níveis de atendimento com drenagem e tratamento de águas residuais, desde 1990 até 2007, [1] .....	7
Figura 2. 2 - Taxa de cobertura de serviço de drenagem no continente, em 2007, adaptado de RASARP 2008, [1]. .....	8
Figura 2. 3 - Taxa de cobertura de serviço de tratamento, no continente, adaptado de RASARP 2008, [1]. .....	9
Figura 2. 4 - Localização das ETAR e FSC em Portugal em 2007, adaptado de INSAAR 2008, [2]. ...	10
Figura 2. 5 - Medidas fundamentais do PEAASAR 2007-2013, [4]. .....	14
Figura 2. 6 - Entidades Gestoras de prestação de serviços em “alta” e em “baixa”, adaptado, [1]. .....	15
Figura 3. 1 - Estágios da Análise do Ciclo de Vida, adaptado de Fava, [16]. .....	19
Figura 3. 2 - Ciclo de vida do sistema, adaptado de USEPA, [2]. .....	20
Figura 3. 3 - Fases de uma ACV, adaptado de NP ISO 14040:2008, [8]. .....	22
Figura 3. 4 - Fases do ciclo de vida associadas aos sistemas de drenagem de águas residuais. ....	26
Figura 3. 5 - Elementos da fase de AICV, segundo a NP EN 14040:2008, [8]. .....	27
Figura 3. 6 - Abordagem final a ser considerada nesta metodologia de ACV. ....	29
Figura 4. 1 - Data base e Data início de utilização, adaptado Fuller e Petersen 1995, [19]. .....	41
Figura 4. 2 - Evolução da taxa de inflação (%), desde 2000 até 2009, em Portugal [29]. .....	42
Figura 4. 3 - Metodologia na Análise do Custo de Ciclo de Vida da Rede, Autoria própria. ....	44
Figura 5. 1 - Mapa com estações elevatórias, interceptores e as ETAR do concelho. ....	46
Figura 5. 2 - ETAR de Valongo, Campo e Sobrado. ....	47
Figura 5. 3 - ETAR de Ermesinde e Alfena .....	47
Figura 5. 4 – Fases do ciclo de vida associadas aos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais. ....	49
Figura 5. 5 – Exemplos de imagens ilustrativas de infiltração em colectores, [31]. .....	53
Figura 5. 6 - Comparação mensal do caudal total e o caudal de infiltração indirecta ao longo do ano 2009. ....	55

Figura 5. 7 - Comparação mensal do caudal total e o caudal de infiltração directa ao longo do ano 2009. ....	56
Figura 5. 8 – Exemplos de imagens ilustrativas de obstruções em colectores, [33]. ....	58
Figura 5. 9 – Lamas em processos de tratamento [23] e ETAR Campo em Valongo. ....	60
Figura 5. 11 - Produção anual de resíduos na rede. ....	61
Figura 5. 10 - Comparação anual dos resíduos produzidos nas duas ETAR do concelho. ....	61
Figura 5. 12 - Consumo energético nas estações elevatórias da rede de Valongo. ....	63
Figura 5. 13 - Consumo Energético na ETAR de Ermesinde e de Campo. ....	63
Figura 5. 14 - Comparação entre os consumos das EE e da ETAR de Campo e Ermesinde. ....	64
Figura 5. 15 – Exemplos de imagens ilustrativas de problemas estruturais na rede de Valongo. ....	66
Figura 5. 16 - Número de avarias na rede de drenagem em 2009 .....	67
Figura 5. 17 - Esquema ilustrativo da formação, libertação e oxidação do ácido sulfídrico em colectores, [32]. ....	68
Figura 5. 18 – Exemplos de descargas não controlada de águas residuais na rede, [37]. ....	69
Figura 5. 19 - Estrutura dos indicadores de desempenho, [38]. ....	72
Figura 5. 20 - Função de desempenho para avaliação tendo em conta o parâmetro envolvido – autoria própria. ....	78
Figura 5. 21 - Método de decisão para avaliação do sistema. ....	78
Figura 5. 22 - Evolução dos Investimentos, desde o ano 2000 até 2009. ....	80
Figura 5. 23 - Evolução da taxa Euribor, a 3 e 12 meses, desde o ano 2005 até 2010, [43]. ....	84
Figura 5. 24 – CCV por categorias de custo e respectivos valores. ....	90
Figura 5. 25 - Análise de sensibilidade à variação do Período de Vida útil .....	92



## **ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)**

Quadro 3. 1 - Parâmetros que influenciam os problemas existentes nas redes de saneamento.....	25
Quadro 4. 1 - Fórmulas de ACCV, adaptado Kreith e Goswami [17]. .....	40
Quadro 5. 1 - Inventário de entrada de recursos, materiais e energia na rede.....	51
Quadro 5. 2 - Inventário de saída de resíduos, emissões gasosas e para a água na rede. ....	51
Quadro 5. 3 - Valores de caudais de infiltração subterrânea e respectiva pluviosidade mensal. ....	54
Quadro 5. 4 - Valores de caudais de infiltração subterrânea e respectiva pluviosidade mensal. ....	56
Quadro 5. 5 - Caudais afluentes à ETAR e respectivo custo de tratamento.....	57
Quadro 5. 6 - Total de obstruções na rede de saneamento ao longo do ano. ....	59
Quadro 5. 7 - Consumos energéticos totais e respectivos custos. ....	65
Quadro 5. 8 - Volumes tratados, descarregados e respectiva pluviosidade na ETAR de Campo. ....	70
Quadro 5. 9 - Volumes tratados, descarregados e respectiva pluviosidade na ETAR de Ermesinde.....	70
Quadro 5. 10 - Indicadores de desempenho aplicados ao caso de estudo – Valongo. ....	75
Quadro 5. 11 - Indicadores de desempenho do ERSAR aplicados ao caso de estudo .....	76
Quadro 5. 12 - Relação entre os indicadores de desempenho e os custos inerentes em 2009.....	77
Quadro 5. 13 - Listagem das Classes e Custos.....	83
Quadro 5. 14 - Valor total dos investimentos realizados em Novembro de 2008.....	86
Quadro 5. 15 - Expressões utilizadas para o cálculo (Valongo 2008-2048).....	88
Quadro 5. 16 - Valor total do Custo de ciclo de Vida (Valongo 2008-2048).....	89
Quadro 5. 17 - Análise de sensibilidade do CCV à variação de 5% no custo de energia. ....	91
Quadro 5. 18 - Análise de sensibilidade do CCV à variação de 1,5% no custo de energia. ....	91



## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

ACCV – Análise do Custo do Ciclo de Vida

ACV - Análise de Ciclo de Vida

AR – Águas Residuais

AV – Águas de Valongo

BCE – Banco Central Europeu

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CCV - Custo do Ciclo de Vida

CQO - Carência Química de Oxigénio

CRL – Caixa Ramal Ligação

DTC – Design to Cost

E.U.A – Estados Unidos da América

EE – Estações Elevatórias

EG – Entidade Gestora

EPA - Environmental Protection Agency

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

ETAR – Estações de Tratamento de Águas Residuais

EU – União Europeia

FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

FEMP - Federal Energy Management Program

FSC – Fossas Sépticas Colectivas

ICV – Inventário do Ciclo de Vida

IHPC - Índice Harmonizado de Preços no Consumidor

INAG – Instituto da Água

INE – Instituto Nacional de Estatística

INSAAR - Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais

IPC - Índice de Preços no Consumidor

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

ISO - International Organization for Standardization

IST - Instituto Superior Técnico

IWA - International Water Association

LCA - Life Cycle Assessment

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MAOTDR – Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

OM&R – Operação, Manutenção e Reparação

PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

QCA – Quadro Comunitário de Apoio

RASARP - Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal

REPA - Resource and Environmental Profile Analysis

SCA - Single Compound Amount (Montante Composto Único)

SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SPOLD - Society for the Promotion of Life Cycle Development

SPW - Single Present Worth (Valor Actual Único)

SST – Sólidos Suspensos Totais

UCA - Uniform Compound Amount (Montante Composto Uniforme)

UCR - Uniform Capital Recovery (Recuperação Uniforme de Capital)

UPW - Uniform Present worth (Valor Actual Uniforme)

UPW- MOD - Uniform Present Worth modified

USEPA - United States Environmental Protection Agency

USF - Uniform Sinking Fund (Valor de Amortização Uniforme)

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. APRESENTAÇÃO E ENQUADRAMENTO DO TEMA

Esta dissertação, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil e relativa ao ano lectivo 2009/2010, tem como tema “Metodologia para Aplicação dos Princípios do Ciclo de Vida a Sistemas de Drenagem de Águas Residuais”.

Uma das actuais preocupações mundiais, no domínio do ciclo urbano da água, prende-se com uma gestão integrada dos sistemas públicos de drenagem de águas residuais, de modo a preservar ou melhorar a qualidade dos sistemas, satisfazendo a necessidade das populações e procurando a sustentabilidade no meio ambiente. Nesta medida, tem que ser encarada como prioridade o uso eficiente da água, a redução do uso de energia e a menor geração de resíduos e subprodutos em estações de tratamento de águas residuais, sendo como tal relevante a implementação de políticas coerentes e sustentáveis.

A importância do tema resulta de se estar perante uma realidade que requer atenção e cuidados, por parte das entidades gestoras, devido a ter fortes impactos na vida humana e no meio ambiente, com especial efeito nos meios receptores.

Apesar de se terem efectuado avanços significativos, olhando para o futuro, enfrenta-se agora uma série de novos desafios que ameaçam não só o progresso, mas também a segurança hídrica nos próximos tempos. Entre estes, salientam-se a incerteza sobre o clima e os diferentes padrões ambientais, a escassez de água, as populações em crescimento e o cumprimento rigoroso das normas ambientais.

Nos últimos anos, o crescimento da geração de efluentes indica que a capacidade de tratamento de águas residuais não tomou o ritmo correcto, de acordo com o aumento dos volumes de efluentes, resultante do crescimento urbano. Para além deste aspecto, é necessário ainda ter em conta, o envelhecimento das redes, que muitas vezes necessitam de estratégias claras de reabilitação e que levam a graves problemas, não só económicos como também ambientais, e que degradam o meio ambiente.

Por outro lado, os aspectos económicos são cada vez mais importantes na gestão das redes de drenagem e tratamento de águas residuais. Assim, uma procura lógica de redução dos custos poderá ter uma contribuição importante na competitividade das empresas devendo ser levados em consideração, para alcançar melhores resultados, todos os pontos de vista tecnológicos, económicos e ecológicos. Para evitar problemas financeiros no futuro é necessária uma correcta previsão e planeamento da evolução da rede pública, de acordo as necessidades das gerações futuras.

Na sequência das razões apresentadas, recaiu a opção pela abordagem do tema, desenvolvendo uma metodologia para aplicação dos princípios do ciclo de vida em rede de drenagem de águas residuais, tendo em consideração os impactos ambientais, em paralelo com as questões financeiras dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.

Esta ferramenta de gestão, tem vindo a desempenhar um papel crescente no apoio às decisões, integrando aspectos ambientais, e que poderão auxiliar qualquer analista em estudos de hidráulica urbana. Tendo em atenção os problemas ambientais que um sistema de esgoto pode conter, e consequências que tais impactos podem criar, pode-se avaliar o sistema e estimar as cargas ambientais nos sistemas de águas residuais – Análise de Ciclo de Vida (ACV).

Em confronto com os aspectos ambientais, integra-se igualmente no estudo apresentado, o Custo do Ciclo de Vida (CCV), para que seja feita uma análise mais completa ao sistema, nas duas vertentes mais importantes, e que por vezes levam a um confronto de interesses entre as várias partes envolvidas no processo de decisão.

O custo do ciclo de vida, dos sistemas de drenagem de águas residuais, abrange as fases de concepção e construção, operação, manutenção e reparação e os custos de eliminação dos materiais. Com esta ferramenta, pretende-se aferir o custo total de uma rede durante o seu período de vida útil. Note-se, que os custos iniciais de investimento poderão ser enganadores, porque representam apenas uma parcela muito reduzida da totalidade dos custos inerentes à exploração da rede e das instalações que compõem uma rede de drenagem. Outro aspecto importante, diz respeito à deficiente manutenção da rede de drenagem e ao preço a pagar pelos custos de reparação e substituição, acarretando sérios problemas financeiros às entidades gestoras, pelo tipo de trabalhos envolvidos. O custo do ciclo de vida completo de um sistema é baseado em custos ao longo do tempo, com vista a delinear estratégias tendentes à sua minimização.

Assim, soluções que combinem entre si da melhor forma, e que assegurem baixos custos de manutenção e alta durabilidade, devem ser preferíveis, ao invés de soluções que se centrem apenas nos investimentos iniciais.

Este estudo orientado para o conhecimento dos custos e para uma avaliação criteriosa dos processos ambientais numa rede de saneamento, poderá traduzir-se numa oportunidade única de redução de custos e a possibilidade de serem associados benefícios ambientais, aspectos actualmente importantes para a maioria das empresas, na procura por soluções sustentáveis e de eficiência económica e ambiental.

## **1.2. ÂMBITO E OBJECTIVOS**

O primeiro aspecto que importa evidenciar, é o facto de uma rede de drenagem de águas residuais conter um vasto conjunto de infra-estruturas, composta por numerosos elementos, necessitando de uma abordagem mais geral e definida na avaliação de projecto que se pretende realizar.

Numa época de mudança, no que diz respeito ao enfoque actualmente dado ao ciclo de vida dos equipamentos, procurar-se-á avaliar não só os impactos ambientais, como também caracterizar os processos existentes no fluxo de materiais, água e energia numa rede de saneamento. Integrando os custos ambientais resultantes, aferir-se-á o custo de ciclo de vida e o peso das várias classes, desde a sua instalação até ao fim da sua vida útil, para que se possa efectuar uma análise de gestão, quer do ponto de vista ambiental, como também económico.

Por questões de organização, efectuar-se-á, inicialmente, uma abordagem separada dos aspectos de natureza ambiental e económica. Assim, tendo em conta todas as conclusões que poderão advir de cada análise, avaliar-se-á o projecto, ponderando todos os valores envolvidos e demonstrando as potencialidades da ACCV neste domínio.

Na análise de ciclo de vida pretende-se avaliar os impactos ambientais dos sistemas de drenagem de águas residuais, interpretando todos os aspectos envolvidos numa lógica de cumprimento de todas as normas ambientais. Portanto, será importante compreender todas as fases e os parâmetros envolvidos, para que se possa interpretar os principais impactos sobre o meio ambiente dos processos intervenientes.

Em relação à análise de custos de ciclo de vida, pretende-se avaliar o peso de todos os custos, pois quando se avalia um projecto, não se pode apenas considerar o investimento inicial, deverão ser tidos em conta todos os outros custos ao longo da vida útil do projecto. A importância de uma análise Custo/Benefício, em projectos desta especificidade, poderá ser importante no processo de decisão em optar por um projecto mais vantajoso em relação a outro.

Com esta metodologia pode-se visualizar o impacto real do projecto a longo prazo e efectuar uma análise de sensibilidade aos valores envolvidos, pois poderá servir de orientação á gestão da rede, estudando-se soluções de reduções de custos e minimização dos impactos ambientais. Nesta dissertação, apenas os custos com implicância para o meio ambiente serão alvo de discussão, entre os restantes custos. Dado tratar-se de um projecto que já iniciou a sua exploração, a metodologia desenvolvida aplicada a este caso, não irá analisar alternativas distintas ao mesmo.

A importância desta aplicação, resulta do facto de ser necessária uma base de sustentação bem traçada e delineada para se poder avaliar o projecto de uma forma coerente, tendo como base os critérios definidos no caso em estudo.

### **1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Este trabalho apresenta uma estrutura organizada em 6 capítulos.

No Capítulo 1- “Introdução”, faz-se uma apresentação ao tema, enquadrando os conceitos aplicados no âmbito da metodologia desenvolvida. Apresentam-se igualmente, os objectivos primordiais e descreve-se a importância do sucesso desta aplicação em estudos de hidráulica urbana.

No Capítulo 2 – “Drenagem e Tratamento de Águas Residuais em Portugal”, é feita uma panorâmica da situação passada e presente do país, caracterizando os sistemas de drenagem de águas residuais sob o ponto de vista funcional, legal e institucional. Note-se, que o enquadramento dos principais dados estatísticos apresentados terá como base o Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal - RASARP 2008 e o Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais - INSAAR 2008, visto que não foi, ainda, actualizada a situação nacional nos relatórios do estado dos sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais. Neste capítulo, será também apresentado um enquadramento estratégico dos investimentos efectuados e actualmente em vigor, dando especial referência ao papel do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais “ (PEAASAR 2000-2006 e PEAASAR 2007-2013).

No Capítulo 3 – “Análise do Ciclo de Vida (ACV) “, apresenta-se uma breve introdução ao conceito e a sua evolução histórica. Segue-se uma abordagem metodológica com a apresentação de todas as fases de ACV, descrevendo os processos envolvidos e as especificidades envolvidas. É apresentado ainda, o ciclo de vida das redes de saneamento básico, descrevendo os processos ambientais mais contribuintes

para a degradação do meio ambiente. Por último, é feita uma abordagem à integração deste conceito, na metodologia e nos principais benefícios a aproveitar da análise do ciclo de vida.

No Capítulo 4 – “Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV)”, apresenta-se uma descrição do conceito e a sua evolução histórica. Descreve-se ainda, os aspectos metodológicos na estimativa de todos os custos preponderantes em redes de saneamento, com especial em enfoque aos parâmetros envolvidos e as parcelas de custos admitidas. Dá-se ainda relevo ao cálculo do valor temporal do dinheiro, considerando as diversas teorias económicas existentes, a taxa de inflação e a variação anual dos custos energéticos. Por fim, apresenta-se o método utilizado e um fluxograma de decisão que permite esquematizar e visualizar a metodologia de uma forma racional e clara, facilitando seu entendimento por parte dos seus utilizadores.

No Capítulo 5 – “Caso de estudo – Valongo”, é apresentada a metodologia de análise do ciclo de vida da rede de saneamento em Valongo, descrevendo os parâmetros intervenientes. Serão aqui identificados os processos mais preponderantes e caracterizados através de indicadores para posterior interpretação e avaliação do sistema. Tal facto coloca-se numa lógica de optimização de funcionamento da rede, que depois terá implicância nos respectivos custos ambientais. Dado que a rede já se encontrava em exploração desde Novembro de 2000, foi necessário ter em conta o volume de investimentos iniciais, onde para isso, se definiu Novembro de 2008, como data base e um período de vida útil de 40 anos. Através da identificação de todos os custos, segundo a metodologia desenvolvida e os modelos económicos adoptados, estimar-se-á o custo de ciclo de vida da rede de saneamento e a percentagem de afectação que cada parcela comporta para CCV. Especial atenção deve ser feita, à análise de sensibilidade, pelos valores envolvidos e subjectividade inerente a estudos deste género.

No Capítulo 6 – “Conclusões e Recomendações”, apresentam-se as conclusões finais deste estudo, tendo em conta a aplicação desta metodologia no caso em estudo. São ainda sugeridas propostas de trabalho de desenvolvimento futuro, no âmbito de estudos em projectos de drenagem de águas residuais.



# 2

## **DRENAGEM E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS EM PORTUGAL**

### **2.1. GENERALIDADES**

A importância do saneamento e sua associação à saúde humana remonta às mais antigas culturas humanas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações e a necessidade de práticas sanitárias colectivas, de modo a se resolverem os problemas de higiene e protecção da qualidade de água. Assim sendo, o saneamento não deve ser entendido meramente como uma questão puramente individual, mas sim como um problema comum a toda a comunidade e que, sem uma abordagem racional, pode-nos afectar gravemente.

Presentemente, a questão ambiental tornou-se uma preocupação global e passou a fazer parte dos interesses nacionais e internacionais. A poluição do meio ambiente é assunto de interesse público em todas as partes do mundo. Países desenvolvidos e em desenvolvimento vêm sendo afectados pelos problemas ambientais decorrentes de um rápido crescimento económico associado à exploração de recursos naturais.

Na realidade nacional, uma das grandes preocupações prende-se com a gestão eficiente da água, de forma a preservar ou melhorar as suas qualidades, sendo, como tal, relevante a implementação de políticas de sustentabilidade de modo a preservar o meio ambiente.

Esta tomada de consciência, no domínio do saneamento básico, surgiu com a publicação da Lei da Água em 1919 e com o aparecimento de leis relativas à água de abastecimento público na década de 60 e à água residual, na década de 70. Contudo, apesar destes esforços efectuados a nível legislativo e de infra-estruturas, o saneamento básico em Portugal ficou historicamente caracterizado por atrasos e uma evolução lenta e gradual de população atendida.

Apenas nos últimos anos, esta situação se tem invertido, devendo-se, por um lado, ao estabelecimento de ambiciosos planos estratégicos para estes sectores de actividade e, por outro, à possibilidade de se terem investido elevados montantes de financiamento através de fundos comunitários disponibilizados no âmbito do III Quadro Comunitário de Apoio. Estes incentivos financeiros, constituídos pelo Fundo de Coesão e o FEDER, constituem verdadeiras alavancas do investimento em infra-estruturas no país, gerando um esforço ainda maior por parte das entidades gestoras, na gestão dos seus investimentos.

A inexistência de saneamento básico implica a busca de outras soluções mais simplificadas, como é o caso, das populações que recorrem tradicionalmente às "fossas sépticas". Estas, quando cheias, são esvaziadas e o seu conteúdo entra directamente para o solo, podendo, posteriormente, contaminar os lençóis de água vizinhos, poluindo-os gravemente. Outro aspecto importante é a falta de formação

educacional das pessoas, na sua higiene privada, que em muitos dos casos por desinteresse e ignorância optam por soluções fáceis e prejudiciais ao ambiente, deteriorando-o, e causando problemas irreversíveis em alguns casos.

O saneamento básico deve ser entendido como um bem essencial à saúde da população, requerendo muita atenção e cuidados por parte das políticas nacionais de ambiente, uma vez que tem fortes consequências na população e no meio ambiente.

## **2.2. CARACTERIZAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO EM PORTUGAL**

### **2.2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O primeiro objectivo deste capítulo é a identificação e caracterização da situação passada e existente do sector do abastecimento de água e drenagem e tratamento de águas residuais em Portugal. Este caracteriza-se, por ser um sector único, que naturalmente, se rege por distintas formas de controlo e regulação. Importa então, identificar os principais dados estatísticos do sector e descrever os seus principais intervenientes do sector, nomeadamente, as entidades gestoras, entidades reguladores e quadro legal do país. No âmbito deste estudo, apenas serão focados os serviços de drenagem e tratamento de águas residuais.

A actividade de saneamento de águas residuais urbanas compreende todos os processos de recolha, transporte e tratamento das águas residuais de origem urbana, bem como a sua descarga no meio hídrico, isto é o meio receptor. Note-se, que esta actividade é menos desenvolvida em termos de infra-estruturas relativamente ao abastecimento de água. No entanto, para a grande maioria da população, existem já redes de drenagem de águas residuais, verificando-se um desenvolvimento assimétrico desta actividade ao longo do país.

Presentemente, existem zonas onde ainda não é assegurado o tratamento de todas as águas residuais recolhidas. A criação dos sistemas multimunicipais veio impulsionar a componente em “alta” dos sistemas, verificando-se, no entanto, situações onde existem interceptores e estações de tratamento de águas residuais, sem que esteja assegurada a componente em “baixa” dos sistemas, ou seja, a rede de recolha das águas residuais, [1].

Consequentemente, criam-se focos de ocorrência de poluição grave, com descargas directas dos colectores nos meios hídricos, e difusa, através das fossas sépticas, com a consequente degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

O cumprimento das obrigações legais, tanto nacionais como comunitárias, e a adopção de modelos de gestão que melhor se adequem às exigências, torna-se fulcral para a melhoria da qualidade dos serviços de saneamento em Portugal, nomeadamente, na qualidade de vida das populações e na sustentabilidade dos recursos hídricos.

A complexidade das soluções, necessárias ao desenvolvimento das actividades que compõem os serviços de saneamento, exige investimentos elevados, com extensos períodos de recuperação de capital e grandes esforços financeiros por parte das entidades gestoras. Tendo estas actividades um forte impacto ambiental, os condicionalismos colocados pela legislação ambiental não devem ser ignorados mas sim respeitados para uma correcta utilização dos recursos hídricos. Assim, torna-se fulcral para a resolução dos problemas ambientais dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais em Portugal, uma correcta interpretação da situação a nível nacional.

### 2.2.2. PRINCIPAIS DADOS ESTATÍSTICOS – RASARP E INSAAR 2008

A população servida com rede de drenagem tem vindo a aumentar devido ao investimento realizado pelos municípios, que detêm a competência para a parte em “baixa”. Em muitos casos, várias foram as infra-estruturas co-financiadas com fundos comunitários dos planos operacionais regionais.

Pela análise da Figura 2. 1, entre os anos 1990 e 2002, verifica-se que o aumento da população servida com rede de drenagem de águas residuais foi de cerca de 6%. Por outro lado, o investimento em “alta” sofreu um incremento ainda mais elevado no passado recente, potenciado pela criação dos sistemas multimunicipais. Entre 1994 e 2002, mais de 25% da população portuguesa passou a ter tratamento adequado.

Tal situação deveu-se ao financiamento comunitário, através do Fundo de Coesão, que em algumas situações ascendeu a 85% do investimento total. Finalizado o apoio do Quadro Comunitário de Apoio - QCAIII 2000-2006, o PEAASAR 2007-2013 torna-se bastante importante no contexto da resolução dos problemas ainda em aberto, no saneamento básico em Portugal, como se descreverá mais à frente, nomeadamente na conclusão do programa de infra-estruturação dos sistemas plurimunicipais e a necessária colaboração dos sistemas em “alta” com os sistemas em “baixa”.

Em 2007, estima-se que em redes de drenagem e tratamento de águas residuais, se tenham atingido os 80% e 72%, respectivamente.

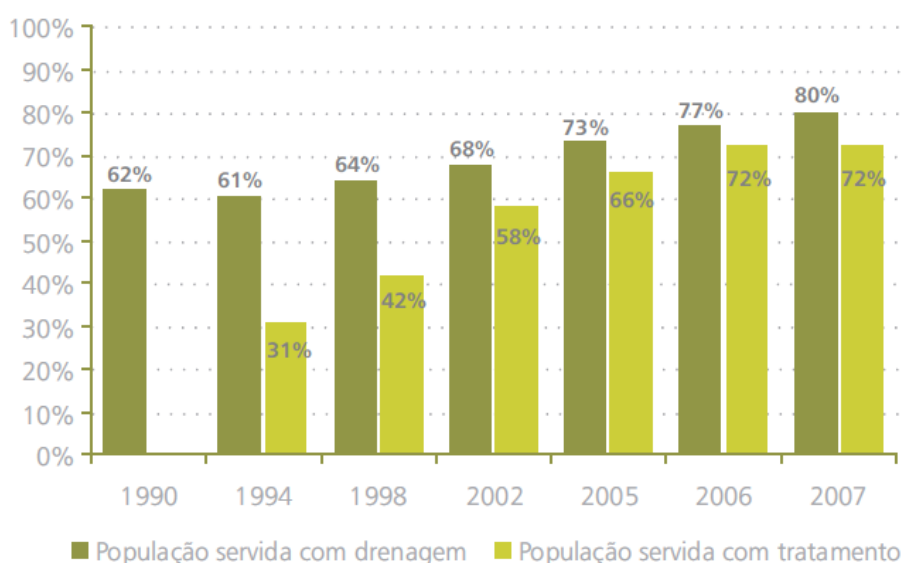


Figura 2. 1 - Níveis de atendimento com drenagem e tratamento de águas residuais, desde 1990 até 2007, [1]

Seguidamente, apresentam-se os dados relativos aos níveis de atendimento de serviço no continente, onde é feita uma caracterização da situação nacional, tendo como base a localização e a capacidade de cobertura de serviço de drenagem e de tratamento de águas residuais. Dado o teor específico deste trabalho utilizar-se-á apenas os dados referentes a Portugal Continental.

Estes dados referem-se ao ano 2007, pois os anos seguintes ainda não se encontram actualizados no Relatório do Estado do Abastecimento de Água e Drenagem e Tratamento de Águas Residuais, fornecido pelo INSAAR. Portanto, toda a presente análise terá em conta os valores referentes ao ano 2007, como situação caracterizadora do saneamento em Portugal.

Na Figura 2. 2, apresentam-se os dados de população servida por serviços de drenagem para todo o território nacional. Constata-se que a criação de sistemas de drenagem, que sirvam a população, não tem sido realizada de uma forma idêntica pelas várias regiões hidrográficas. As regiões do Tejo, Sado e Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve apresentam as maiores taxas de cobertura de serviços de drenagem de águas residuais.

Inversamente, as regiões hidrográficas do Minho e Lima e Cávado, Ave e Leça apresentam os mais baixos níveis de cobertura de serviço de drenagem, em particular a região do Minho e Lima, pois apresenta um valor abaixo do recomendado pelo PEAASAR II, que refere o nível de atendimento desejável de pelo menos 70%, da população abrangida no ano de 2007.

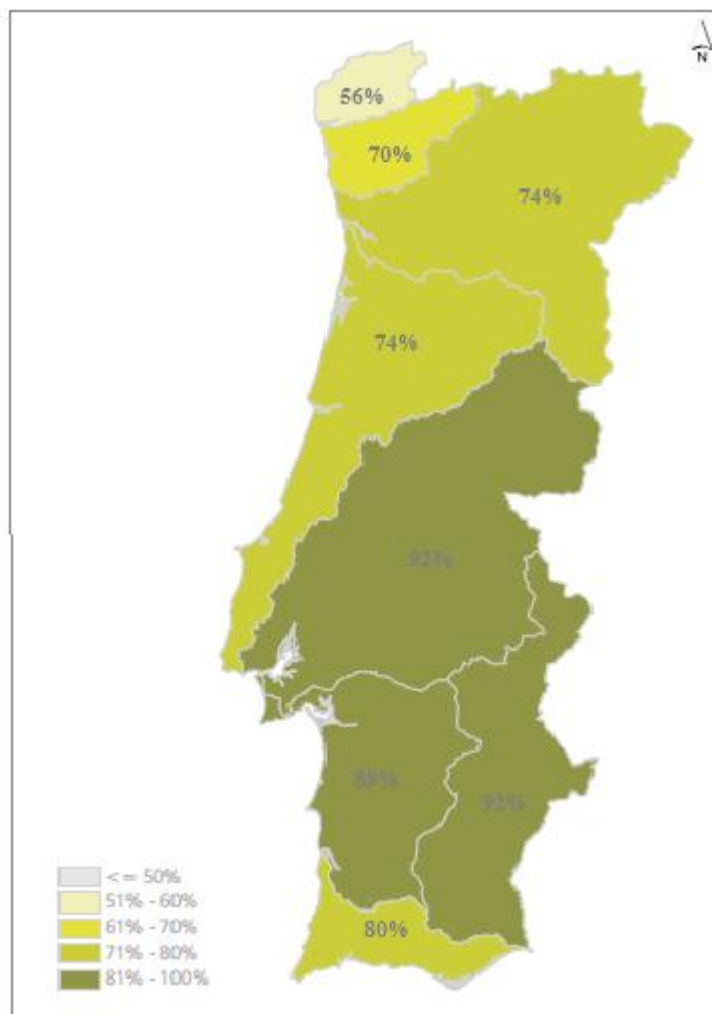


Figura 2. 2 - Taxa de cobertura de serviço de drenagem no continente, em 2007, adaptado de RASARP 2008, [1].

Assinale-se, que a situação actual poderá ser ligeiramente diferente, resultante dos investimentos entretanto realizados nestes últimos anos, para dotar o país de redes de drenagem e infra-estruturas necessárias. Consequentemente, a percentagem de pessoas ligadas a uma rede pública de esgotos, actualmente, será expectavelmente maior.

No que se refere ao tratamento, continuam a existir, em muitas regiões, redes de drenagem onde não se encontra assegurado o tratamento a jusante, originando a concentração da poluição em descargas significativas. Relativamente aos valores verificados em 2007, o objectivo estabelecido no PEAASAR II para 2013, de dotar 90% da população com rede de drenagem e com estação de tratamento de águas

residuais, ainda se encontra longe de ser concretizado, pois o índice do Continente encontra-se próximo dos 80%, segundo os dados apresentados pelo INSAAR.

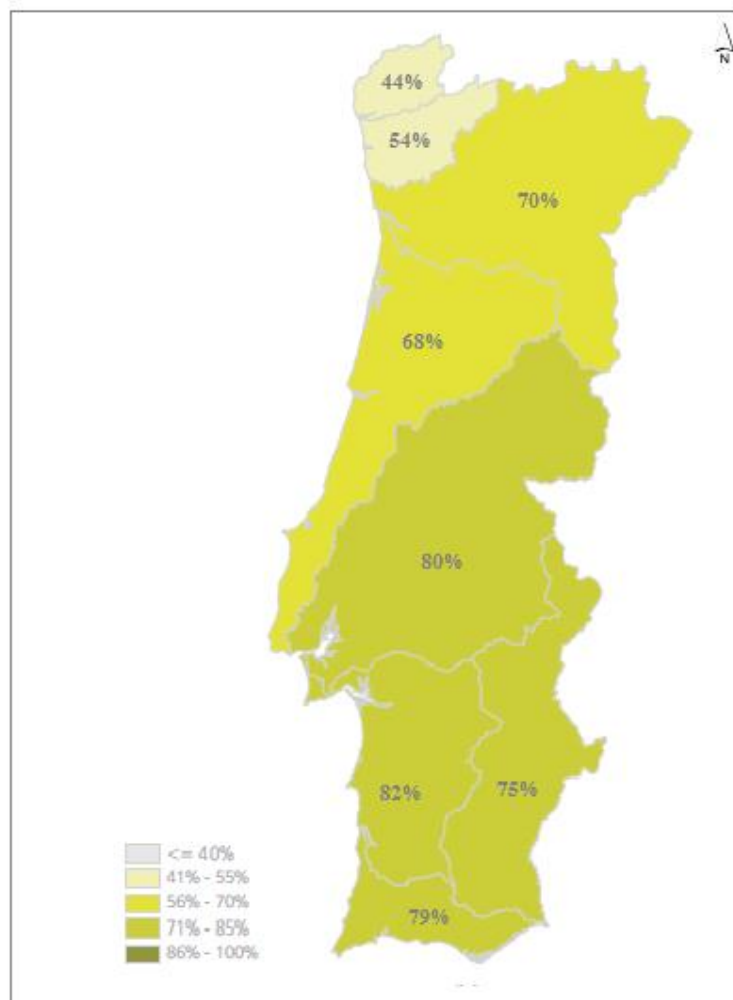


Figura 2. 3 - Taxa de cobertura de serviço de tratamento, no continente, adaptado de RASARP 2008, [1].

Analisando a Figura 2. 3, verifica-se que há uma diferença entre os índices de tratamento das Regiões hidrográficas situadas a sul do Tejo e os das regiões situadas a norte, as quais registam os valores percentuais mais baixos do Continente. A título de exemplo, destaca-se a região do Minho e Lima com 44% e a do Sado e Mira com 82%. Refira-se, que o índice do continente situou-se nos 70 %, para tratamento de águas residuais urbanas.

Relativamente às estações de tratamento de águas residuais, a realidade existente obrigou a um conjunto de soluções distintas, devido aos diversos factores existentes em Portugal. Desde logo, pela existência de zonas com elevada densidade populacional e zonas onde essa densidade é muito reduzida. Outros factores, dizem respeito à natureza orográfica do País, com um relevo muito mais acidentado no Norte que no Sul do país e às condições de pluviosidade existentes, pela sua variabilidade nas regiões hidrográficas no país. Todos estes factores têm condicionado as soluções de tratamento, pelas especificidades envolvidas em cada situação.

Em acrescente, refira-se as situações excepcionais onde se registam elevadas flutuações sazonais de carga e de caudal afluente às estações, obrigando a soluções de maior complexidade e consequentemente mais gravosas para o meio ambiente.

Nos últimos anos, tem-se verificado uma tendência de aumento do número de ETAR em detrimento das tradicionais Fossas Sépticas Colectivas - FSC, quando comparados com os dados de anos anteriores. No que respeita à componente em “alta”, a evolução positiva que se tem verificado espelha o forte investimento em infra-estruturas de tratamento de água residual e consequentemente a diminuição do volume de água residual que é descarregada no meio hídrico sem qualquer tipo de tratamento. Quanto à componente em “baixa”, a justificação para o aumento do volume de água residual tratada, com o mesmo número de estações de tratamento, tem a ver unicamente com o entendimento dado entre entidades que entregam a sua totalidade da água residual recolhida para tratamento noutras entidades gestoras.

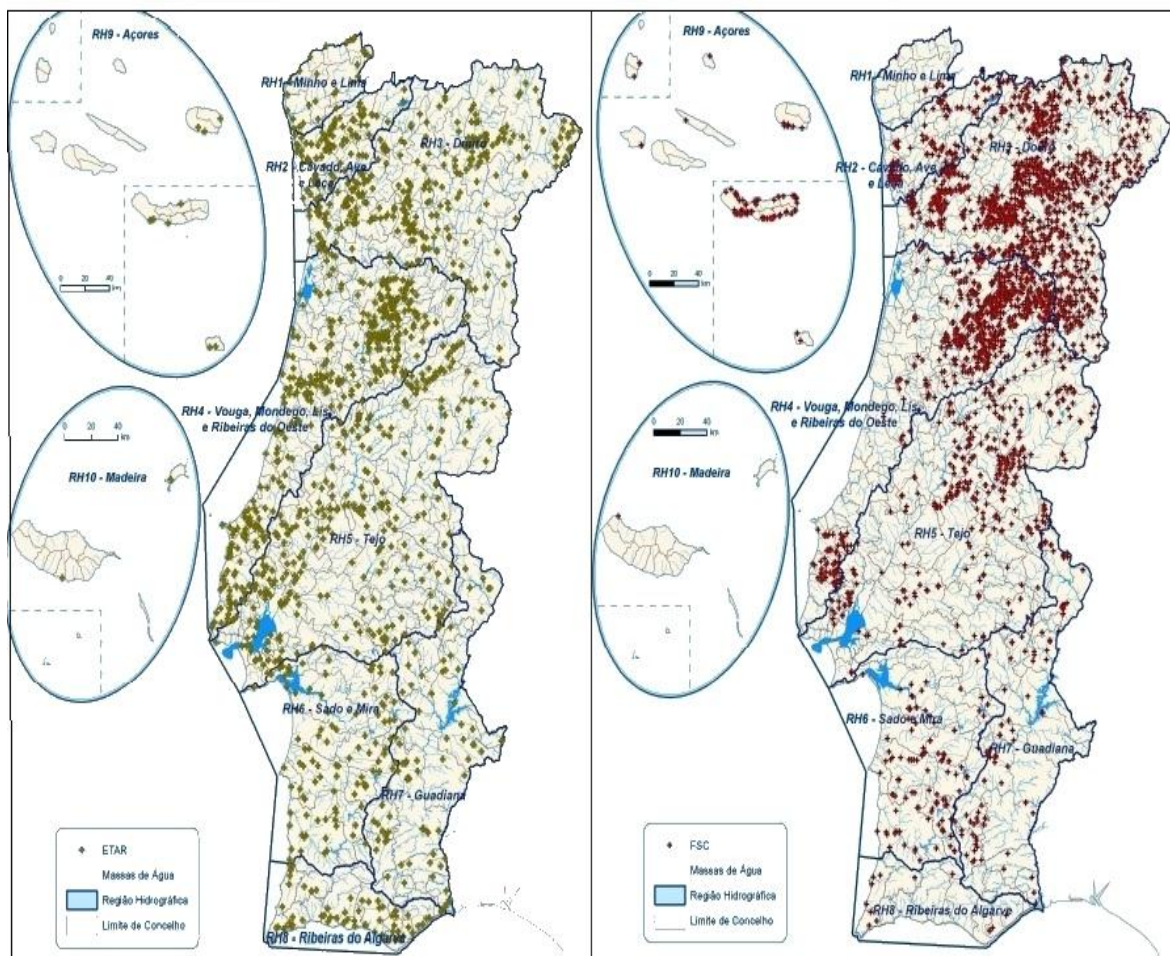


Figura 2. 4 - Localização das ETAR e FSC em Portugal em 2007, adaptado de INSAAR 2008, [2].

Numa análise espacial pelo país, de acordo com a Figura 2. 4, é possível identificar uma oposição norte-sul e litoral - interior na distribuição das FSC e ETAR, respectivamente, com as primeiras a predominarem na região nordeste do país. Existe ainda um elevado número de FSC, mas servindo volumes significativamente baixos de águas residuais. Tal facto, deve-se à existência de aglomerados populacionais rurais que se encontram parcialmente dispersos e onde se torna difícil a sua integração em sistemas de drenagem e tratamento por ETAR, pela topografia do terreno e pelo custo de tal operação, no relevo a vencer.

Na Figura 2. 4, é ainda possível identificar a localização das ETAR e FSC, onde nas zonas do Cávado, Ave e Leça, Douro e Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste, existe uma maior densidade de ETAR, embora a distribuição seja relativamente idêntica em Portugal. Quanto às FSC, verifica-se uma



maior densidade nas regiões Douro e Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste, em particular nas zonas do interior do país, pelos motivos já referidos anteriormente nesta dissertação.

Para o destino final das lamas produzidas nas ETAR, as opções disponíveis são preferencialmente a agricultura, destino sem custo relevante de deposição e com vantagens na melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, ou, em alternativa, o aterro sanitário, opção que implica custos elevados e contribui para o esgotamento rápido da capacidade dessas infra-estruturas. Outra via possível, poderá ser a incineração com recuperação de energia. No que se refere a estes aspectos, optou-se apenas explicar de uma forma geral o destino final das lamas, ao invés de uma abordagem mais sucinta aos aspectos envolvidos.

### 2.2.3. PRINCIPAIS ENQUADRAMENTO ESTRATÉGICO DE INVESTIMENTOS - PEAASAR

Os primeiros investimentos realizados, em Portugal, começaram por incidir na construção de sistemas para zonas com elevada densidade populacional, geralmente no litoral, pelas vantagens económicas inerentes à sua localização. Tal situação deveu-se às condições desfavoráveis nas zonas rurais do interior do país, nomeadamente, pelos baixos recursos económicos e fraca densidade populacional, sendo ainda agravado pela topografia e relevo montanhoso que o país apresenta em determinadas regiões. Esta junção de factores originou deficiências económicas e soluções deficientes, que provocaram, na época, atrasos significativos a nível de cobertura de serviços de saneamento.

Posteriormente, com o objectivo de contribuir para o desenvolvimento do sector das águas e resíduos em Portugal, na última década, foram registados avanços no atendimento da população portuguesa, em grande parte, impulsionado pelo “Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais”, PEAASAR 2000-2006, [2], que surgiu no âmbito dos compromissos assumidos pelo XIV Governo Constitucional com os portugueses, no sentido de incrementar e desenvolver infra-estruturas que possibilitassem melhoria dos processos ambientais e condições de higiene sanitária para a população portuguesa.

Registe-se o facto de na época, relativamente à média europeia, existirem atrasos nos níveis de atendimento e de qualidade, para os serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais.

Visando e convergindo esforços para a melhoria de níveis de atendimento de drenagem de águas residuais, colocou-se como meta, o nível de 90 % de atendimento de drenagem e de tratamento de águas residuais em Portugal, no ano 2006. Em virtude do incentivo prestado, ocorreram ainda, construções de Estações de Tratamento de Águas Residuais para servir populações de pequenos aglomerados rurais.

Saliente-se, pela sua importância, que as prioridades na implementação desta estratégia [3] foram as seguintes:

- Implementação de soluções integradas de carácter plurimunicipal correspondente a sistemas compatíveis com os planos de bacia hidrográfica e abrangendo o abastecimento de água e o saneamento de águas residuais;
- Adopção de soluções institucionais do tipo empresarial, no sentido de garantir uma exploração tecnicamente qualificada consentânea com os princípios empresariais de geração de receitas para cobrir os custos;

Os investimentos globais estimados no PEAASAR 2000-2006, para se atingirem os níveis de atendimento da população, foram da ordem dos 4 230 milhões de euros [3] para a realização de acções, visando a garantia e melhoria de serviço durante o período de 2000-2006. Entre as principais medidas executadas, destaca-se a reabilitação de estações de tratamento, a redução de perdas de água, a substituição de redes de distribuição e a reutilização de efluentes tratados nos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.

Este plano estratégico incidu sobretudo na vertente em “alta”, que compreende as actividades de captação, elevação, tratamento e adopção no caso de água para consumo, e compreende, no caso das águas residuais, o tratamento, a reutilização, o processamento de lamas e o destino final dos efluentes.

Em forma de conclusão, o PEAASAR 2000-2006 demonstrou que apesar dos avanços realizados, nomeadamente, na criação de um número importante de soluções multimunicipais e municipais integradas na vertente em “alta”, persistiam questões fundamentais por resolver, havendo a necessidade de reformular a estratégia adoptada para o sector.

No prosseguimento do PEAASAR foi desenvolvido o PEAASAR II [4], onde foram estabelecidos objectivos para o período de 2007 a 2013, nos quais os conceitos de sustentabilidade e protecção dos valores ambientais, nas suas diversas vertentes, são valorizados na definição de uma estratégia clara e objectiva.

Uma das novidades do presente plano estratégico é a possibilidade de se criar um sistema de compensação tarifária, para que os investimentos no interior possam ser feitos sem agravar as tarifas para custos socialmente insustentáveis. Assim, poderá ser criado um sistema em que as tarifas cobradas numa região compensam os custos agravados de outra. Tal medida coloca-se, para que se proteja os consumidores e se vele pela sustentabilidade económica dos sistemas de saneamento em Portugal.

Outra mudança importante diz respeito às novas concessões a privados na vertente em “baixa”, que terão um prazo mais curto em relação ao actual. Em vez dos actuais 20 a 30 anos, irão situar-se entre os 10 e os 15 anos. Portanto, desta forma, haverá mais concorrência, na medida em que serão lançados mais concursos do que acontece na actual realidade do país.

O PEAASAR 2007-2013 foi elaborado na sequência do término do período de programação do PEAASAR 2000-2006, pelo facto de o Governo considerar que subsistiam, apesar dos progressos muito significativos que foram alcançados, problemas por resolver no sector das águas que obrigam a mais do que um simples prolongar no tempo da obtenção dos objectivos anteriormente definidos pelo antecedente plano.

A estratégia definida para 2007-2013, parte da identificação de problemas existentes e das necessidades da vertente em “baixa” na cobertura de serviços de saneamento de águas residuais. Nestes aspectos são propostas várias medidas de organização a nível empresarial e modelos de gestão.

Estas medidas colocam-se numa perspectiva de racionalização dos custos a suportar pelas entidades gestoras e pelos consumidores que usufruem destes serviços. No sentido de promover todo este conjunto de medidas, são definidos os respectivos planos financeiros, que passam pela definição das linhas de orientação de políticas para o sector das águas em Portugal.

Os termos que se perspectivam, nos desenvolvimentos futuros do saneamento, auguram um panorama favorável para assegurar sistemas seguros e sustentáveis, no contexto de exigências cada vez mais elevadas de garantia de saúde pública e de qualidade ambiental. O PEAASAR 2007-2013 possui como metas estratégicas servir cerca de 95 % da população com sistemas públicos de abastecimento de água e 90 % com sistemas de saneamento e águas residuais, estando previsto um investimento total de cerca



de quatro mil milhões de euros, nas vertentes “alta” e “baixa”. Inclui-se assim, um reforço de mil milhões de euros face ao que inicialmente estava previsto, na versão do documento colocada inicialmente.

A conclusão dos sistemas em baixa mantém-se como grande prioridade do plano, compondo mais de metade das verbas previstas neste plano estratégico, rondando os 2.200 milhões de euros. Contudo, o investimento para a “alta” duplica de 800 para 1600 milhões de euros. Para além disso, são reservados 200 milhões de euros para resolver os problemas de saneamento de sectores específicos, como as suiniculturas e as adegas.

Em suma, este documento assenta em três grandes linhas de orientação de enquadramento dos objectivos operacionais e respectivas medidas para o período de 2007 até 2013, nomeadamente:

- **Universalidade, continuidade e qualidade de serviço**

Esta linha orientadora devera ser combinada com níveis de qualidade de serviço em conformidade com os indicadores de qualidade pré-definidos pela entidade reguladora. No fundo, pretende-se através das soluções adoptadas, promover a cooperação nacional e regional compatível com a capacidade económica das populações para o pagamento de um preço justo e adequado ao seu poder de compra.

- **Sustentabilidade do sector**

Neste contexto pretende-se garantir a recuperação integral dos custos incorridos com os serviços, otimizar a gestão operacional e eliminar custos de ineficiência contribuindo para a dinamização do tecido empresarial privado, nacional e local. Nesta base, é necessária uma coordenação de todas as estratégias com as políticas regionais, tendo sempre uma transparência no modelo de gestão adoptado.

- **Protecção dos valores ambientais**

Com este último aspecto, pretende-se que se cumpra os objectivos decorrentes do normativo nacional e comunitário de modo a garantir uma abordagem integrada na prevenção e no controlo da poluição provocada pela actividade humana e pelos sectores produtivos. Para além destes aspectos, procura-se não só aumentar a produtividade e mas também a competitividade do sector através de soluções que promovam a ecoeficiência.

### MEDIDAS FUNDAMENTAIS DO PEAASAR 2007- 2013

Conclusão e expansão dos sistemas em “alta” e continuação da infra-estruturação da vertente em “baixa”, com especial enfoque nos investimentos visando a articulação entre ambas as vertentes e a concretização dos objectivos ambientais da Estratégia.

Definição de critérios de acesso aos fundos estruturais nacionais e comunitários e critérios de elegibilidade dos investimentos ajustados aos objectivos traçados na Estratégia.

Revisão do enquadramento legal, institucional, técnico, económico e financeiro aplicável aos sistemas multimunicipais e alargamento do leque de soluções institucionais de gestão empresarial.

Integração territorial de sistemas vizinhos com vista a potenciar as economias de escala e mais-valias ambientais.

Promoção dos sistemas integrados em “baixa”, na medida do possível territorialmente articulado com as soluções existentes na vertente em “alta” e com um regime tarifário uniformizado na área de intervenção de cada sistema, e criação de uma lei de bases de Concessões em “baixa”.

Implementação efectiva das disposições da Lei da Água e da demais legislação ambiental directamente relacionadas com o abastecimento de água e saneamento de águas residuais e incentivo ao uso eficiente da água.

Promoção de modelos de financiamento que potenciem o investimento privado e promovam a concorrência de mercado no acesso aos contratos de gestão e contrato de prestação de serviços.

Figura 2. 5 - Medidas fundamentais do PEAASAR 2007-2013, [4].

#### 2.2.4. PRINCIPAIS ENQUADRAMENTO INSTITUCIONAL

Conforme já referido, no ponto 2.2.1 deste capítulo, os principais intervenientes no actual sistema de gestão em Portugal são as entidades gestoras. Para além desses intervenientes, restringindo-nos simplesmente ao âmbito da regulação, existem outras entidades com responsabilidades ao nível da coordenação do sector do abastecimento de água e drenagem e tratamento de águas residuais no nosso país.

Assim, o Instituto da Água (INAG) criado pelo Decreto-Lei nº191/93, de 24 de Maio, é uma entidade dotada de autonomia administrativa e tutelada pelo Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR). Refira-se, que o Decreto-Lei 58/2005, de 29 de Dezembro, conhecida como a Lei da Água, considerou que o INAG representaria Portugal, como Autoridade Nacional da Água, na preservação dos recursos hídricos nacionais ao nível da sua gestão.

Como entidade reguladora económica, que avalia a qualidade dos serviços prestados pelas entidades que gerem o sector do abastecimento de água e saneamento de águas residuais, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos - ERSAR assume um papel fundamental para o êxito do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais em vigor até 2013, promovendo a sua monitorização e acompanhamento de execução.

A sua importância relaciona-se com o facto de constituir um poderoso instrumento de intervenção do Estado, nos sectores de actividade económica, promovendo a eficácia e eficiência na actividade das entidades gestoras, além de permitir o acesso livre dos consumidores a informação sobre o tipo de serviço que lhes é fornecido, em defesa do interesse público.

Ao nível das entidades gestoras de serviços de saneamento de águas residuais, estas coexistem em grande número consoante a sua diversidade, com diversos modelos de gestão, nomeadamente:

- Prestação directa do serviço (ex. serviços municipais, serviços municipalizados e associações de municípios);
- Delegação do serviço (ex. empresas municipais e intermunicipais, juntas de freguesia);
- Prestação do serviço através de parceria entre entidades públicas;
- Concessão do serviço (ex. empresas concessionárias multimunicipais e empresas concessionárias municipais).

No passado, os serviços públicos de drenagem e tratamento de águas residuais eram prestados exclusivamente pela Administração Local. Actualmente, existem diversos tipos de estruturas organizacionais que actuam no contexto dos sistemas públicos urbanos de redes de saneamento. Na Figura 2. 6, descreve-se e quantifica-se o número de entidades gestoras, ao longo do continente, para a vertente em “alta” e em “baixa”.

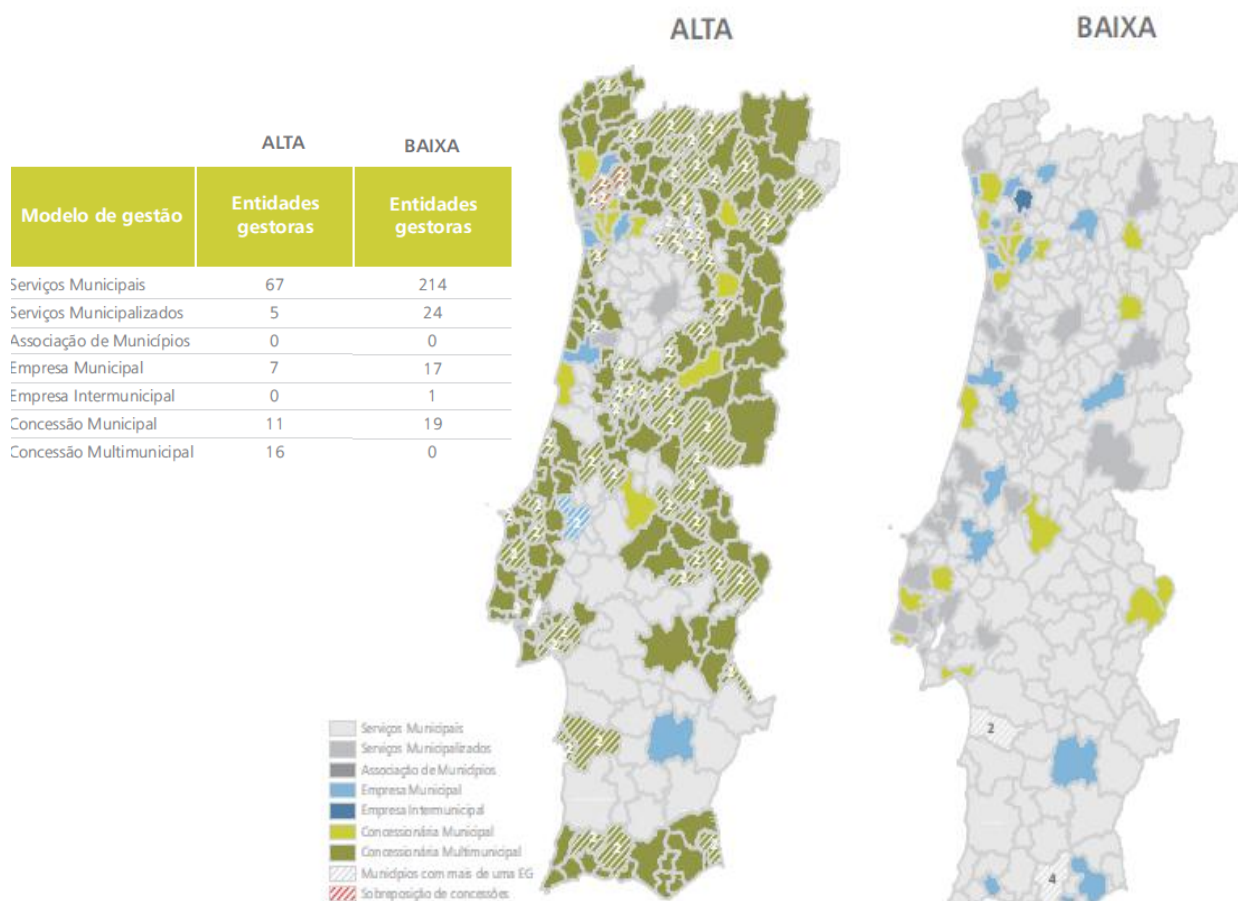


Figura 2. 6 - Entidades Gestoras de prestação de serviços em “alta” e em “baixa”, adaptado, [1].

Analisando a figura 2. 6, verifica-se que os modelos de gestão dominantes para a vertente em “alta” eram os sistemas municipais. No que diz respeito à vertente em “baixa”, merecem especial atenção os

serviços municipais, serviços municipalizados, empresas municipais e concessões, onde o primeiro modelo de gestão é claramente dominante, de acordo com os números aqui apresentados na tabela subjacente.

Outra análise que poderá ser feita na vertente “baixa”, ao se observar a distribuição a nível nacional, é constatar-se a existência de uma maior fragmentação destes sistemas em “baixa” nas zonas de maior densidade habitacional ao longo dos pais.

Em forma de conclusão, observa-se que, pela constituição da rede em “baixa” ao longo dos tempos, teve-se como princípio base a organização das populações que imperava na época. Por outro lado, quando se observa a questão da distribuição da rede em “alta”, verifica-se que por exemplo a questão da posição das bacias hidrográficas foram levadas em consideração na sua constituição, o que constitui um significativo progresso, na integração e optimização dos recursos hídricos nacionais. Consequentemente, a protecção dos aspectos ambientais e a sustentabilidade dos recursos hídricos poderá ser salvaguardada.

No que respeita aos aspectos económicos e financeiros, este sector em Portugal, tem vindo a apresentar algumas tendências, nomeadamente:

- Crescimento da actividade no sector multimunicipal concessionado ao saneamento de águas residuais, embora registando algumas situações preocupantes com falta de sustentabilidade económica e financeira;
- Abrandamento do sector municipal concessionado ao saneamento de águas residuais, onde se prevê a entrada de novas concessões, que possibilitará que possivelmente esta tendência se inverta;

Consequentemente, a imposição de um modelo único e eficaz tem sido dificultado, pois permitiria responder a todos estes aspectos, segundo uma natureza multidisciplinar e intersectorial entre os serviços de cada região. Trata-se, fundamentalmente, de um monopólio natural, pois cada entidade gere a sua zona onde se tem apenas um agente a promover o serviço que controla e a fixar preços.

#### 2.2.5. ENQUADRAMENTO LEGAL - LEGISLAÇÃO RELEVANTE

A política dos serviços públicos de drenagem e tratamento de águas residuais, estende-se a uma preocupação nacional e europeia, de forma a proporcionar ao consumidor um serviço de qualidade e eficiência e possibilitar, ainda, que haja sustentabilidade nos recursos hídricos. Para isso, são necessárias medidas de protecção ambiental e uma cooperação conjunta entre as várias entidades nacionais e internacionais.

A solução deve necessariamente ser encontrada no quadro de uma gestão integrada dos recursos hídricos, isto é, através de um processo que favoreça a gestão eficiente da água, no sentido de maximizar, de forma equitativa, o bem-estar das populações, sem comprometer a perenidade dos ecossistemas.

De salientar a evolução que tem vindo a registar-se, a nível legal, em torno da gestão dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais nos últimos anos em Portugal.

No domínio legal português, no que diz respeito a águas residuais, destacam-se, entre outros e como mais relevantes, os seguintes diplomas legais:

**O Decreto-Lei n.º 207/94, de 6 de Agosto [5]**, que tem por objecto os sistemas de distribuição pública e predial de água e de drenagem pública e predial de águas residuais, adiante designados sistemas, para que seja assegurado o seu bom funcionamento global, preservando-se a segurança, a saúde pública e o conforto dos utentes.

**O Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho [6]**, que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio de 1991, referente à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas no meio aquático. Este documento legal, determina os limites de descarga de águas residuais urbanas que sejam sujeitas a tratamento secundário, no qual contém o conceito de tratamento apropriado que é relativo a populações servidas por sistemas de tratamento de águas residuais com menos de 200 habitantes equivalentes. Este conceito é definido como o “tratamento das águas residuais urbanas por qualquer processo e ou por qualquer sistema de eliminação que, após a descarga, permita que as águas receptoras satisfaçam os objectivos que se lhes aplicam”.

**O Decreto-Lei n.º 348/98, de 9 de Novembro [7]**, que altera o Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, transpondo para o direito interno a Directiva n.º 98/15/CE, da Comissão, de 21 de Fevereiro.

**O Decreto-Lei n.º 56/99, de 26 de Fevereiro [8]**, que transpõe a Directiva n.º 86/280/CEE, do Conselho, de 12 de Junho, relativa aos valores limite e aos objectivos de qualidade para a descarga de certas substâncias perigosas, e a Directiva n.º 88/347/CEE, de 16 de Junho, que altera o anexo II da Directiva n.º 86/280/CEE.

**O Decreto-Lei n.º 390/99, de 30 de Setembro [9]**, no momento da publicação da Portaria n.º 895/94, de 3 de Outubro, foi por lapso considerado que a transposição da Directiva n.º 86/280/CEE, do Conselho, de 12 de Junho, relativa aos valores limite e aos objectivos de qualidade para a descarga de certas substâncias perigosas, e da Directiva n.º 88/347/CEE, de 16 de Junho, que altera o anexo II da Directiva n.º 86/280/CEE, haviam já sido transpostas para o direito interno através do Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de Março, entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto.

**O Decreto-lei n.º 149 /2004, de 26 de Maio [10]**, que efectuou alterações ao Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho. Tanto as zonas sensíveis (águas doces superficiais, estuários e lagoas costeiras) como as menos sensíveis (águas costeiras) foram objecto de revisão em 2004, constando no Decreto-lei n.º 149/2004 uma listagem dos locais acompanhada de um mapa.

**O Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto [11]**, que estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Quando o meio receptor de águas residuais é alvo de uso balnear, fonte de água para rega agrícola ou para outros tipos de utilização a jusante, pode ser exigido a aplicação de tratamento terciário em função dos parâmetros microbiológicos.

**O Decreto-Lei n.º 294/94, de 16 de Novembro [12]**, alterado pelo Decreto-Lei n.º 221/2003, de 20 de Setembro: Estabelece o regime jurídico da concessão de exploração e gestão dos sistemas multimunicipais de tratamento de resíduos sólidos urbanos.

**O Decreto-Lei n.º 319/94, de 24 de Dezembro [13]**, alterado pelo Decreto-Lei n.º 222/2003, de 20 de Setembro: Estabelece o regime jurídico da construção, exploração e gestão dos sistemas

multimunicipais de captação e tratamento de água para consumo público, quando atribuídos por concessão, e aprova as respectivas bases.

**O Decreto - Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto [14]:** Aprova o regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais. Foi rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 153/95, de 30 de Novembro.

**A Lei n.º 88-A/97, de 25 de Julho [15]:** Regula o acesso da iniciativa económica privada a determinadas actividades económicas.

## 3

**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)****3.1. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA EM REDES DE SANEAMENTO BÁSICO**

Nos anos mais recentes, o crescimento das cargas poluentes resultantes dos sistemas de águas residuais tem aumentado o interesse no desenvolvimento de metodologias para mitigação dos impactos sobre o ambiente causados pela exploração desses sistemas. Assim, a criação de uma aplicação de análise do ciclo de vida - ACV, reveste-se de todo o interesse, para uma melhor gestão dos recursos hídricos, protegendo o ambiente e salvaguardando a saúde pública.

Com este estudo, pretende-se avaliar um sistema convencional de drenagem e tratamento de esgoto de média escala, interpretando todos os seus processos e procurando minimizar todos os custos ambientais que daí advêm, nomeadamente, o estado de conservação dos materiais, os potenciais danos e roturas sofridas, o controlo das condições de escoamento, o tipo de intervenções realizadas e o tipo de impacto ambiental causado.

Neste estudo de ACV são quantificadas as entradas e saídas do sistema, numa forma descritiva ao longo do seu ciclo de vida e, com base nessa informação são avaliados e solucionados os potenciais impactos sobre o meio ambiente e a saúde humana.

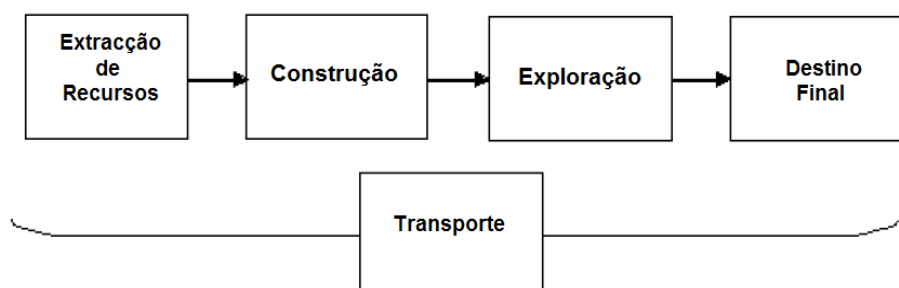


Figura 3. 1 - Estágios da Análise do Ciclo de Vida, adaptado de Fava, [16] .

### 3.2. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA – CONCEITO

Actualmente, as questões ambientais têm sido alvo de discussões, tanto no plano político, como empresarial ou até mesmo académico. Termos como a qualidade ambiental e desenvolvimento sustentável, passaram a fazer parte do vocabulário do dia-a-dia das pessoas. Isso suscitou a necessidade de desenvolvimento de abordagens e ferramentas de gestão, que possibilitassem às empresas avaliar as consequências ambientais das decisões que tomavam em relação aos seus processos ou produtos.

Importa aqui destacar, que já não é suficiente comparar as consequências ambientais apenas do processo de produção, por exemplo, sem levar em consideração as consequências ambientais de todas as outras fases da vida de um produto ou serviço.

Assim, para resolver esse problema, desenvolveu-se uma ferramenta de avaliação do ciclo de vida de produtos ou serviços. Esta caracteriza-se por ser um método de avaliação dos sistemas de produtos ou serviços que considera os aspectos ambientais em todas as fases da sua vida, estudando as intervenções ambientais e os potenciais impactos ao longo da vida de um produto desde a aquisição de matérias-primas através da sua produção, utilização e posterior eliminação.

A necessidade das organizações integrarem o conceito da protecção ambiental durante todo o ciclo de vida de um bem ou serviço, estimulou o desenvolvimento de normas no âmbito da Organização Internacional de Normalização.

Actualmente, em Portugal, a metodologia que define os princípios e normas para se efectuarem estudos de ACV, avaliando os impactos mais relevantes em todo o ciclo de vida, é descrita pela norma NP EN ISO 14040, aprovada em 2008. Portanto, toda a análise que será feita, terá como referência esta norma, pela forma clara e consistente como detalha os conceitos.

A EPA (*Environmental Protection Agency*), nos Estados Unidos, define a Avaliação de Ciclo de Vida como “uma ferramenta para avaliar, de forma holística, um produto ou uma actividade durante todo seu ciclo de vida”. Note-se, que em Portugal, ao contrário da maioria dos países da UE, não existe uma entidade pública ou privada que tenha como objectivo principal desenvolver aspectos relacionados com a metodologia ACV.

Sinteticamente, a ACV é a compilação e avaliação das entradas, saídas e dos potenciais impactos ambientais de um determinado produto ou serviço ao longo do seu ciclo de vida.

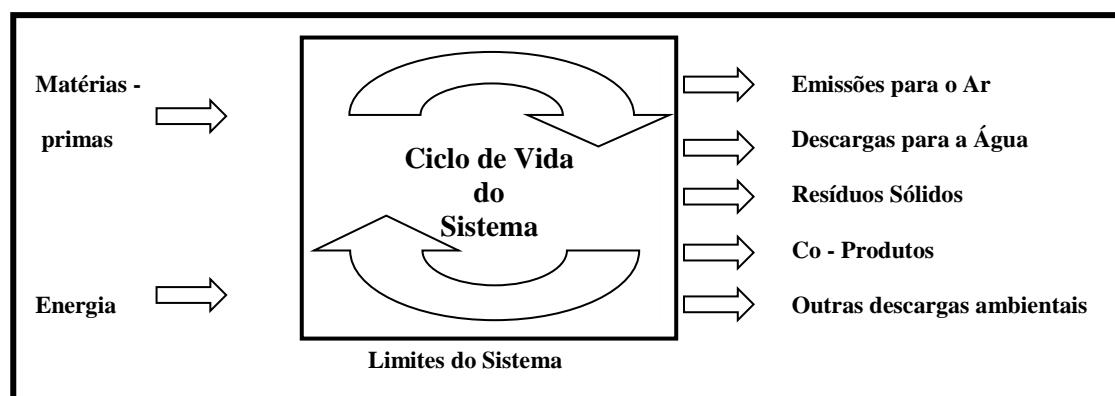


Figura 3. 2 - Ciclo de vida do sistema, adaptado de USEPA, [2].



A análise a ser feita pressupõe, portanto, uma análise bastante complexa, com muitas variáveis relacionadas. Por este motivo, há uma estrutura formal, dividida em etapas, para a realização de uma avaliação do ciclo de vida de um produto ou processo.

### 3.3. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA - EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Um dos primeiros estudos de que se tem referência desta metodologia, foi utilizado primeiramente nos Estados Unidos da América (EUA) em 1990. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) ou em inglês, "*Life Cycle Assessment*" (LCA) conduz, historicamente, para estudos de ciclo de vida ambiental, utilizados nos EUA desde 1970, em "*Resource and Environmental Profile Analysis*" (REPA), [17].

Comparando os diferentes tipos de embalagens de refrigerante e seleccionando qual deles se apresentava como o mais adequado do ponto de vista ambiental e de melhor desempenho, o "Midwest Research Institute" (MRI) desenvolveu para a Companhia Coca Cola, em 1969, estudos para demonstrar que as garrafas de plástico não eram piores, do ponto de vista ambiental, do que as de vidro. Tal facto verificou-se, uma vez que os plásticos tinham a reputação de ser um produto indesejável em termos ambientais, tendo o estudo REPA demonstrado, que esta reputação era baseada em más interpretações, [17].

Nos anos seguintes, iniciaram-se vários estudos, entre os quais, o das embalagens de cervejas e sumos, encomendado pela "*U.S. Environmental Protection Agency*" (USEPA) [18], o qual marcou o início do desenvolvimento da ACV. Um grande número de investigadores passou a estudar a metodologia, agregando novos critérios que permitiram melhorar a análise dos impactos ambientais causados pelas diversas fases do ciclo de vida dos materiais. Tal intenção, era examinar quais as implicações ambientais da utilização de embalagens de vidro reutilizáveis em vez de latas e garrafas não reutilizáveis.

Após esta verdadeira revolução, novos estudos foram desenvolvidos com a introdução de normas para normalizar e agregar emissões para o ar e para a água. De alguma forma, esta filosofia de avaliar os impactos ambientais foi mais tarde desenvolvida e refinada por Ahbe, Braunschweig e Müller-Wenk, no relatório "*Metodologia dos Ecobalancos*" (*Methodologie des Ecobilans sur la base de l'optimisation écologique*), no qual é proposto o cálculo de ecopontos, [19].

A partir de 1990, houve um notável crescimento das actividades ACV na Europa e nos EUA, o qual é reflectido no número de "workshops" e outras formações que têm sido organizados, principalmente pela "*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*" (SETAC), que iniciou os primeiros trabalhos de sistematização e padronização dos termos e critérios da Análise do Ciclo de Vida. Importa aqui destacar, o papel fundamental que teve a SETAC, em reunir profissionais, utilizadores e investigadores para colaborarem no melhoramento contínuo da metodologia ACV.

No ano seguinte, foi formada a *Society for the Promotion of Life Cycle Development* (SPOLD), com a missão de juntar recursos, para acelerar o desenvolvimento da metodologia ACV, como uma abordagem de gestão para ajudar na tomada de decisão, [20].

Em 1993, a *International Organization for Standardization* (ISO) criou um comité técnico TC 207 tendo em vista a normalização de um número de abordagens de gestão ambiental, incluindo ACV, [21].

Este facto resultou em várias publicações de normas relacionadas com a ACV. Este Comité é o responsável por umas das mais importantes séries de normas internacionais, a série ISO 14000, que inclui as normas de Avaliação de Ciclo de Vida.

Em suma, esta ferramenta é actualmente tida como parte essencial para conseguir objectivos mais abrangentes, tais como sustentabilidade ambiental e preservação do meio ambiente, visto serem aspectos essenciais para a Natureza, [22].

É neste sentido que devem os objectivos ser guiados, requerendo que se continue a desenvolver a metodologia ACV a um nível internacional, procurando a optimização dos processos e renovação dos recursos naturais.

### 3.4. DESCRIÇÃO DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

Após a introdução dada ao conceito ACV, torna-se de particular interesse descrever as fases que compõem a estrutura de análise de ciclo de vida, tendo em atenção a metodologia descrita na norma NP EN ISO14040:2008.

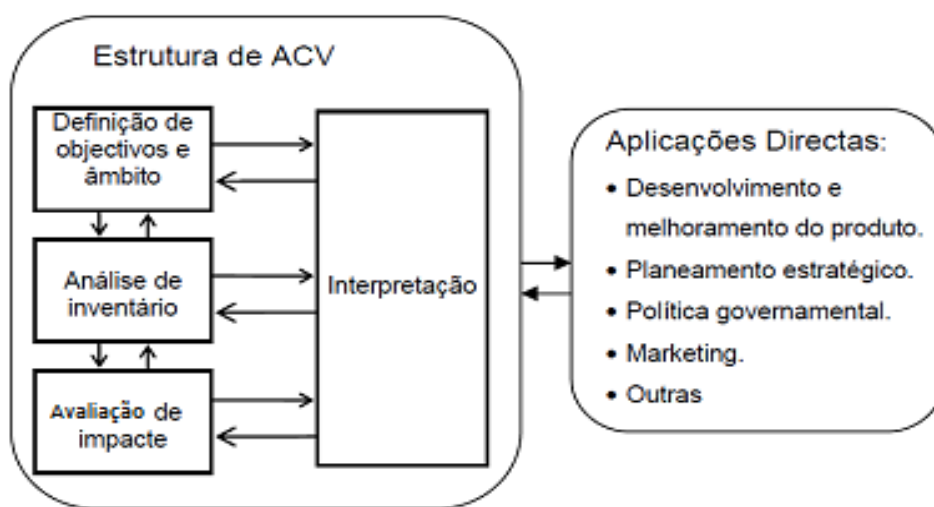


Figura 3. 3 - Fases de uma ACV, adaptado de NP ISO 14040:2008, [8].

**Definição de Objectivos e Âmbito** – Definição do produto, processo ou actividade. Esta fase é fundamental para a condução do estudo, pois embora pareça simples e óbvia, é crucial para o sucesso no estudo e reveste-se de toda a relevância e utilidade.

**Análise de Inventário** – Identifica e quantifica a energia e materiais utilizados durante a ciclo de vida do produto ou serviço (por exemplo: emissões para o ar, deposição de resíduos sólidos, descargas de efluentes). Esta fase pode tornar-se uma das mais difíceis e trabalhosas, em função da quantidade e qualidade dos dados disponíveis.

**Avaliação de Impacto** – Quantificação dos potenciais impactos da actividade do produto ou serviço no meio ambiente, pela sua utilização referida na análise de inventário. Fase de grande importância pela análise envolvida.

**Interpretação** – Fase de grande sensibilidade, pois avalia os dados e a metodologia usada para uma compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas. Note-se, que este processo é iterativo, visto que no decorrer do estudo, em função de uma série de factores, pode ser necessário efectuar modificações no estudo realizado.

No actual panorama nacional, muitas empresas começam a estar cada vez mais sensíveis ao impacto ambiental nos seus negócios e consideram o rendimento energético como uma via contribuinte para a redução de emissões de gases e deste modo preservar os recursos naturais.

O principal objectivo da avaliação do impacto do ciclo de vida é compreender e avaliar a magnitude e importância dos impactos ambientais baseados numa análise rigorosa dos processos ambientais. Portanto, um importante efeito da aplicação da ACV é a minimização da poluição causada por um determinado processo.

Contudo, esta ferramenta apresenta algumas limitações pois necessita normalmente de muitos recursos financeiros e humanos, arrastando-se por algum tempo. Deste modo, os recursos financeiros deverão ser balanceados com os benefícios previsíveis do estudo. Importa aqui também referir, o potencial de incerteza relativo à qualidade dos dados, e mesmo involuntariamente, uma certa subjectividade que pode estar presente desde o início dos estudos.

Uma avaliação criteriosa da relação Custo - Benefício é necessária, pois para se atingir a qualidade desejada para o estudo, deverão ser tidos em conta, o custo e o tempo, bem como os recursos disponíveis para a conclusão do estudo.

### **3.5. DEFINIÇÃO DOS OBJECTIVOS**

De acordo com a metodologia prevista e os parâmetros que se pretendem ser avaliados, é da maior relevância descrever os objectivos primordiais que se pretende que sejam alcançados. Assim, o estudo incluirá:

- Identificar os principais problemas de carácter estrutural e ambiental nos sistemas de esgotos convencionais;
- Determinação de um inventário de dados, no qual se incluem todos os parâmetros envolvidos relacionados com as consequências ambientais sobre o meio ambiente;
- Desenvolver, no âmbito da ACV, uma metodologia que incorpore os princípios deste conceito e permita a interpretação de todos os processos ambientais numa rede de saneamento;
- Quantificar a carga poluente através de indicadores, relativamente a cada estágio de processo ambiental, analisando os processos que mais contribuem para a degradação ambiental;

### **3.6. PROBLEMAS NOS SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

Após os objectivos terem sido claramente definidos, a fase seguinte do trabalho passa por identificar os principais processos de natureza quantitativa e qualitativa dos sistemas de drenagem e caracterizar a situação, em termos sanitários, no que diz respeito ao seu incorrecto funcionamento.

Podendo se considerar os problemas de saneamento grandes fontes de poluição crónica, algumas actividades e acidentes poderão resultar na emissão de poluentes representado uma séria ameaça para a saúde humana e para a qualidade das águas no meio receptor. Entre outros acontecimentos, evidenciam-se os fenómenos naturais, o estado de conservação dos materiais e o uso incorrecto do sistema de drenagem de águas residuais. Descrevem-se seguidamente, alguns exemplos típicos de problemas que ocorrem em sistemas de drenagem de águas residuais.

- **Acumulação de sólidos** - Sólidos como gorduras, óleos, sujidades, ossos, tampões, toalhas de papel, fraldas, louças quebradas, lixo, e acumulação de detritos pode obstruir as tubagens e causar problemas no sistema tornando as redes de drenagem lentas. Para o seu controlo, devem ser estabelecidos limites aceitáveis pela entidade gestora
- **Falhas estruturais em tubagens e caixas de visita** – Assentamentos significativos, fissuras, buracos, canos laterais salientes e desalinhados, juntas abertas, ou até mesmo colapso da estrutura.
- **Exfiltração** – Problema de grande impacto ambiental, que deve ser claramente evitado, para que não haja fugas de efluentes para as águas subterrâneas. Um sistema de drenagem de águas residuais, que tenha elevados problemas estruturais e de ligação de juntas, poderá trazer elevados riscos para a saúde pública e impedimento do uso dos cursos de águas para fins recreativos, por exemplo.
- **Infiltração** – Entrada de água da chuva no colector pode causar diversos problemas graves, nomeadamente, a perda de capacidade a jusante das ETAR pelo elevado fluxo de água residual que entra no sistema e a sobrecarga dos colectores, pelo volume adicional criado pelo fluxo de entrada, podendo mesmo levar ao colapso do sistema, resultando em danos e impactos negativos para meio ambiente.
- **Descargas de emergência para o meio receptor** – Processo utilizado para se efectuar descargas para o meio hídrico, ocorrendo quando a capacidade hidráulica do sistema é atingida e os descarregadores do sistema entram em funcionamento, descarregando para o meio receptor as águas residuais não tratadas. Importa referir, que no caso dos sistemas separativos domésticos e dos sistemas unitários, a funcionar em tempo seco, estas descargas nunca devem acontecer, pois a diluição do efluente é quase inexistente.
- **Controlo de Septicidade** – Dependendo de diversos factores químicos, a condição de septicidade nos sistemas de drenagem de águas residuais resulta da actividade de bactérias, que crescem na massa líquida e nas superfícies submersas que, em condições anaeróbias, reduzem o sulfato produzindo sulfuretos. Esta actividade, pode ser extremamente gravosa para o estado de conservação dos materiais, visto poder levar a fenómenos de corrosão das tubagens, câmaras de visita, elementos acessórios, poços de bombeamento e órgãos das instalações de tratamento, deteriorando o material. Assim, condições como falta de arejamento, elevadas temperaturas e reduzidos caudais devem ser acautelados, na exploração do sistema.
- **Intrusões de raízes** – As raízes atravessam, através das fissuras, os tubos em busca de uma fonte de água. Podem entupir as tubagens, causando inúmeros transtornos a nível hidráulico com a perda de capacidade de escoamento na rede de drenagem.

No quadro 3.1 é feita uma síntese de alguns parâmetros influentes nos problemas existentes e que têm implicância nos processos ambientais mais gravosos em redes de saneamento. Todos estes factores devem ser tidos em conta, pela interacção nos impactos sobre o meio ambiente.

Quadro 3. 1 - Parâmetros que influenciam os problemas existentes nas redes de saneamento.

Parâmetro	Consequências em sistemas de drenagem de AR
Tipo de resíduos	Diferentes tipos de resíduos reagem com materiais diferentes, causando erosão e degradação das tubagens.
Nível freático das águas subterrâneas	Pode causar infiltração, levando à entrada de água subterrânea nas infra-estruturas enterradas através de deficiências estruturais existentes nos materiais. Pode originar a diminuição da eficiência de tratamento na ETAR e o aumento dos caudais bombeados nos sistemas elevatórios.
Tipo de solo	Diferentes tipos de solos alteram a capacidade resistente estrutural dos colectores, de acordo com as suas propriedades físicas e químicas.
Volume de tráfego rodoviário	Criações de vibrações, decorrentes do tráfego rodoviário, pode levar à degradação das estruturas e ao colapso das tubagens.
Falhas nas tubagens e acessórios	Exfiltração para o solo pode levar ao derramamento de efluentes que poluem os solos, criando focos graves de contaminação.

### 3.7. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

A análise de inventário do ciclo de vida identifica e quantifica as entradas e saídas do sistema, para o ambiente, de modo a se avaliar quais as consequências ambientais que resultam do impacto destes factores no meio ambiente.

Um inventário do ciclo de vida envolve procedimentos de recolha de dados e de cálculo para a quantificação das entradas e saídas relevantes de um sistema de produto, designadamente, o fluxo de materiais, energia e as emissões gasosas, para a água, solo e ar.

Após a recolha de dados, deverá ser necessário validar todos os dados recolhidos e relacioná-los com as categorias específicas de impacto ambiental, utilizando um modelo de caracterização previamente escolhido que irá servir para a interpretação final. Realce, para o processo de condução da análise do inventário se tornar num processo iterativo, pois à medida que os dados são conhecidos e mais informação acerca do sistema é adquirida, novos requisitos de dados ou limitações podem ser identificados, requerendo uma alteração nos procedimentos de recolha de dados, para que os objectivos do estudo ainda sejam satisfeitos.

Concluída a compilação preliminar do inventário do ciclo de vida, é essencial interpretar os impactos que estão associados com as emissões para o meio ambiente resultantes do consumo de recursos e energia. Para esse efeito, a avaliação do impacto do ciclo de vida fornece indicadores para a interpretação dos dados de inventário, em termos de sua contribuição para diferentes categorias de impacto ambiental.

### 3.6.1. REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

A análise do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) foi realizada para quantificar todas as entradas e saídas associadas a um sistema de saneamento básico em toda a sua construção, operação e manutenção e posterior eliminação. A fase inicial compreende a extracção e compra das matérias-primas para construção do sistema e instalação das tubagens e acessórios. Os encargos ambientais decorrem de todas os problemas ambientais, durante a manutenção dos sistemas, acima referidos, que implicam para além da degradação do meio ambiente, o aumento dos trabalhos de exploração dos sistemas e que muitas vezes podem criar encargos inesperados e aumento dos custos nos sistemas. Na fase de eliminação incluem-se as descargas de excedentes nos meios receptores e a deposição das lamas resultantes dos sistemas de tratamento de águas residuais.

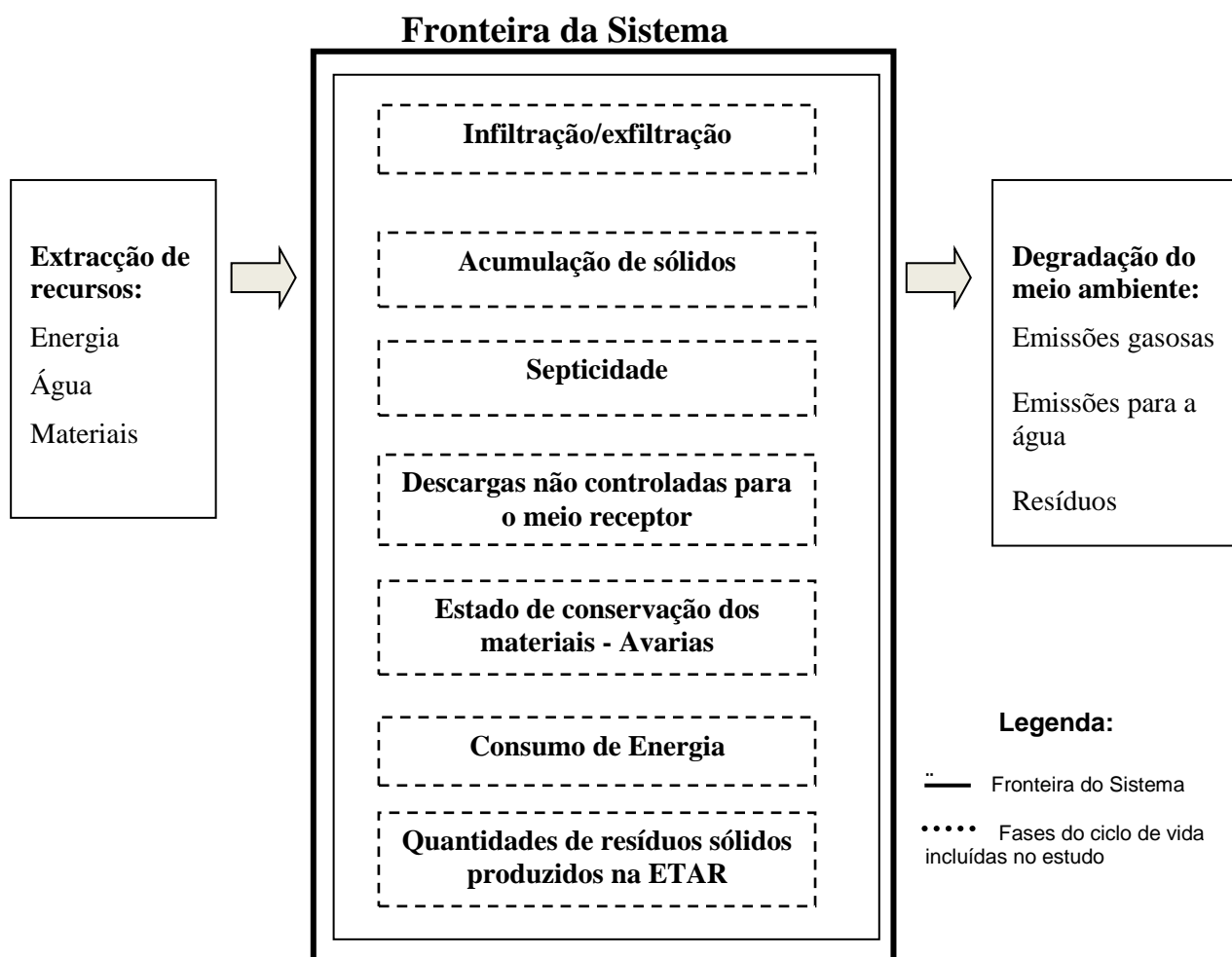


Figura 3. 4 -Fases do ciclo de vida associadas aos sistemas de drenagem de águas residuais.

Algumas considerações foram tomadas para o inventário, nomeadamente, no que diz respeito às fases e processos adoptados para análise do ciclo de vida. Foram consideradas as acções mais gravosas para o meio ambiente e os processos que integram todo o ciclo de manutenção de uma rede de saneamento.

O passo seguinte passa por quantificar as entradas e saídas no sistema, que se caracteriza por ter um elevado grau de dificuldade dada a aleatoriedade de materiais e produtos nos sistemas de saneamento em Portugal.

### 3.8. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE CICLO DE VIDA

Esta fase da metodologia da ACV inclui, de acordo com a norma NP EN ISO 14040:2008 (ISO 2008), a identificação e avaliação dos potenciais impactos causados, sobre o meio ambiente, que podem resultar dos dados levantados no inventário. De um modo geral, este processo envolve a associação dos dados do inventário a categorias específicas de impacto ambiental e indicadores de categoria, relevante para a obtenção dos resultados pretendidos. O nível de detalhe do estudo dependerá do objectivo e âmbito do estudo pretendido.

A avaliação de impacto é, assim, definida como sendo um processo técnico e qualitativo, onde são avaliadas as entradas e saídas no sistema. Importa salientar, que questões, como a modelação e avaliação das categorias poderão introduzir neste trabalho, subjectividade na interpretação dos dados. No entanto, existem dificuldades que poderão surgir na avaliação de impacto, durante todo o processo de avaliação, alterando a veracidade do resultado final. Isto poderá dever-se a:

- Falta de dados suficientes para calcular os danos causados por um impacto nos ecossistemas;
- Não há geralmente, formas uníssonas de avaliar o valor dos danos nos ecossistemas;
- A incerteza no desenvolvimento do modelo de caracterização para as categorias de impacto;

#### 3.8.1 ELEMENTOS DE AICV

A avaliação de impacto de ciclo de vida compreende uma série de elementos obrigatórios, essenciais para o método de avaliação pretendido, conforme se ilustra na Figura 3.5.

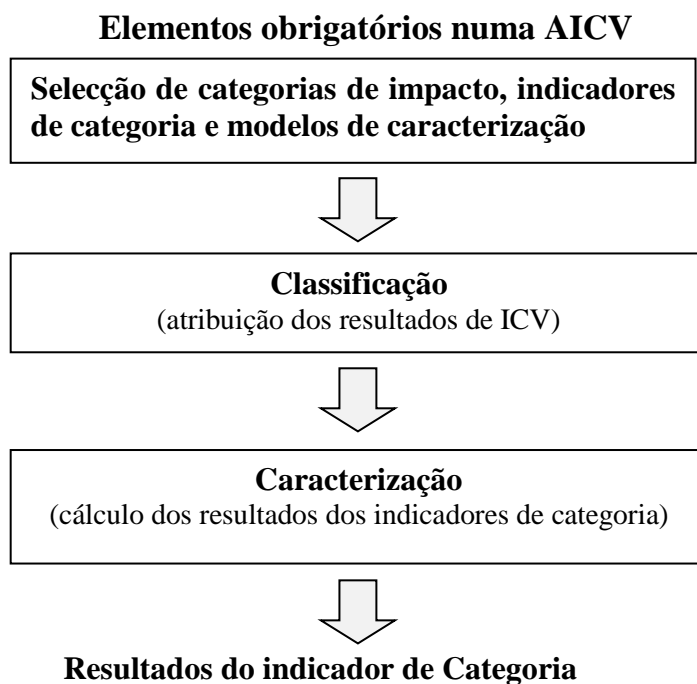


Figura 3. 5 - Elementos da fase de AICV, segundo a NP EN 14040:2008, [8].

São também considerados, para efeito de execução da avaliação de impactos, muito embora de carácter não obrigatório, os procedimentos de Normalização e Ponderação, que se destinam à consolidação do perfil ambiental, segundo impactos causados.

### 3.8.2 SELECÇÃO DAS CATEGORIAS DE IMPACTO, INDICADORES DE CATEGORIA E MODELOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os potenciais impactos ambientais de ambas as fases serão avaliados, tendo em atenção as emissões para a água, emissões gasosas e produção de resíduos. Estes aspectos devem ser recolhidos, durante a fase inicial de definição de objectivos, para orientar o processo de recolha de dados de ICV. Não há metodologias amplamente aceites para associar de forma consistente e precisa, as categorias de impactos ambientais específicos. Assim, é necessária uma avaliação abrangente dos impactos mais relevantes, onde o número total de categorias de impacto não deve ser demasiado elevado.

### 3.8.3 CLASSIFICAÇÃO

Na etapa de classificação, todas as substâncias são classificadas em classes de acordo com o efeito que têm sobre o meio ambiente. Nesta fase, são relacionados os consumos de recursos naturais e as emissões de poluentes que resultam das fases e processos da análise de ciclo de vida do sistema. Nota, para o facto, da classificação ter de ser coerente com o tipo de impacto associado, em concordância com os objectivos e o âmbito de estudo. A atribuição adequada de aspectos ambientais às suas categorias de influência é uma condição essencial, para conferir relevância e validade à avaliação de impacto.

### 3.8.4 CARACTERIZAÇÃO

As substâncias são agregadas dentro de cada classe para produzir um efeito de pontuação. Não é suficiente apenas, somar as quantidades de substâncias envolvidas, sem aplicar ponderações, isto é, multiplicar as unidades de recurso por um factor de caracterização. Tal análise é feita, pois, algumas substâncias podem ter um efeito mais grave do que outros, para o meio ambiente. Quando a caracterização estiver completa obter-se-á os resultados, que poderão assumir a forma de conclusões e recomendações em estudo, por meio do qual, será possível comparar directamente o potencial dos impactos do processo sob análise.

### 3.8.5 NORMALIZAÇÃO

Embora sendo opcional, a fim de obter uma melhor compreensão da dimensão relativa de um efeito, a etapa de normalização é recomendável para todo o processo da ACV. Cada efeito é calculado para o ciclo de vida de um produto e avaliado em função do efeito total do conhecido para esta classe. A normalização permite que se veja a contribuição relativa da produção de um material para cada um dos efeitos já existentes.

### 3.8.6 PONDERAÇÃO

Conforme acima referido, a normalização melhora consideravelmente a nossa visão sobre os resultados. No entanto, nenhuma decisão final pode ser feita, pois os efeitos não são considerados de igual importância em todo o processo da ACV.



Na fase de avaliação, as pontuações devem ser multiplicadas por um factor de ponderação que representa a importância relativa do efeito em causa. Assim, quanto maior a pontuação, maior será o impacto ambiental que este processo representará para o meio ambiente. A finalidade desta etapa é assim, obter um indicador único que expresse o impacto ambiental potencial, com uma subjectividade inerente na metodologia utilizada.

### 3.9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a avaliação do impacto ambiental, torna-se necessário identificar e analisar os resultados obtidos nas fases de inventário e avaliação de impacto na ACV. A interpretação de resultados pode tomar a forma de conclusões e recomendações, servindo como auxílio ao processo de tomada de decisão final.

Para além disso, será feita uma análise de sensibilidade dos factores em causa, que mais influenciam os resultados em estudo. Os resultados serão obtidos por relação do seu valor com um valor do indicador de impacto ambiental, a ser encontrado durante a avaliação da metodologia.

A identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental torna-se vital para um bom comportamento ambiental do sistema, de forma a consolidar a sustentabilidade no ambiente.

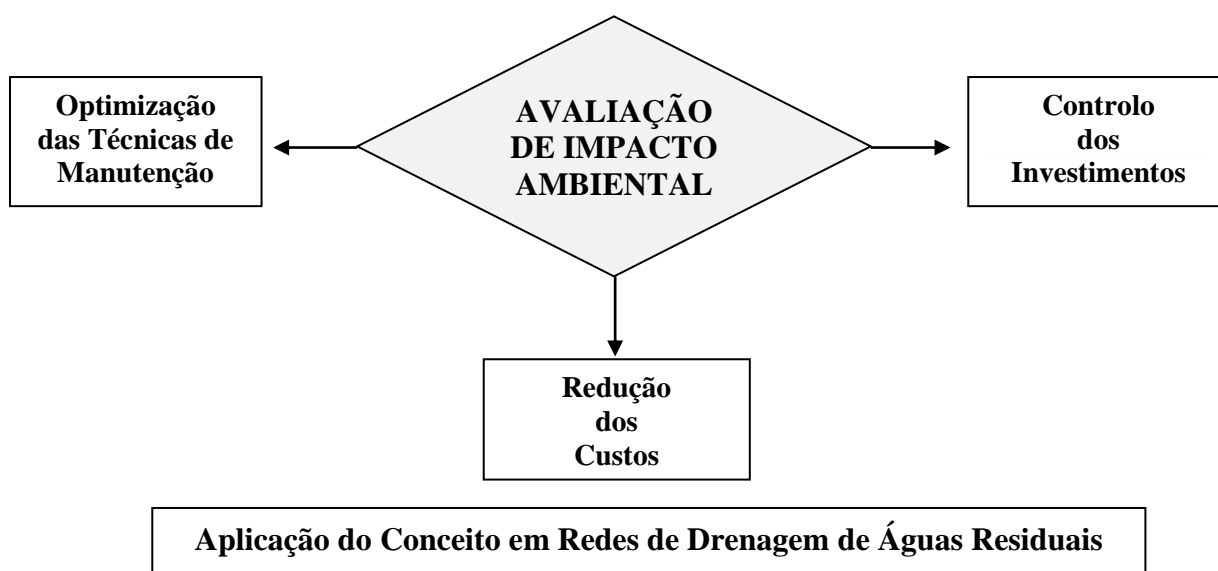


Figura 3. 6 - Abordagem final a ser considerada nesta metodologia de ACV.

Como consideração final, refere-se que toda a análise descrita tem como base os princípios da avaliação do ciclo de vida, para caracterização do impacto ambiental das cargas poluentes sobre o ambiente. Para isso, será necessário quantificar os recursos envolvidos, convertidos em unidades funcionais.

Neste trabalho, devido ao caso em estudo se tratar de uma rede de drenagem de águas residuais, tal análise será feita em processos individuais, onde se irá expressar a contribuição potencial que cada processo cria para um problema ambiental específico. Tendo em conta o inventário de ciclo de vida desenvolvido, torna-se particularmente difícil quantificar as substâncias que atravessam as linhas de esgoto, logicamente.



# 4

## ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV)

### 4.1. CUSTO DO CICLO DE VIDA - O CONCEITO

Em Portugal, a situação ao nível do tratamento e drenagem de águas residuais tem sido historicamente caracterizada por um claro atraso relativamente à média da União Europeia. Problemas a nível económico e de capacidade de decisão tornaram a situação claramente problemática, dificultando o processo de escolha para a promoção ou exploração de um projecto.

Uma estimativa adequada de custos é, então, de extrema importância, sendo fortemente influenciada pelos condicionalismos específicos dos sistemas onde se inserem. Desta forma, deve-se ter em conta, não só os custos iniciais de implantação do sistema mas também os custos de exploração, que muitas vezes são ignorados durante a fase inicial de projecto.

Neste contexto, surge a aplicação deste conceito neste trabalho, afirmando-se como uma ferramenta de gestão que poderá ajudar a avaliar os desperdícios e a maximizar o rendimento para os mais variados tipos de sistemas de saneamento. Para isso, é contabilizado o custo total do projecto durante o seu período de vida útil, onde merecem especial atenção, os custos de projecto, instalação, operação, manutenção, energia, etc. A identificação de todas as parcelas envolvidas apresenta-se como uma etapa fundamental nesta metodologia, para o sucesso da mesma.

Trata-se fundamentalmente, de uma ferramenta de apoio à decisão onde é feita uma análise económica do projecto, estudando diferentes propostas para que se encontre a proposta mais vantajosa. O processo de cálculo da ACCV indicará, de forma isenta, a solução que apresenta menor custo global, com base nas informações disponíveis.

Os sistemas de drenagem de águas residuais são compostos por um vasto conjunto de elementos, entre os quais, equipamentos eléctrico e electromecânico, tubagens e acessórios. A energia consumida e os materiais utilizados por um sistema dependem das características do sistema e do modo como o sistema irá operar. Refira-se, que numa rede de saneamento, os custos energéticos e as manutenções periódicas associadas às estações elevatórias poderão comportar custos assinaláveis ao longo do tempo para o projecto.

Note-se, que todos os componentes do sistema deverão ser cuidadosamente seleccionados para combinarem entre si, assegurando os mais baixos custos energéticos e de manutenção, assim como uma longa durabilidade.

Portanto, em toda a análise do projecto, todos os aspectos devem ser ponderados e estimados, com uma clara atenção para os eventuais benefícios que uma análise de custos poderá acarretar para o custo global do projecto.

## 4.2. CUSTO DO CICLO DE VIDA - EVOLUÇÃO HISTÓRICA

A Análise de Custo de Ciclo de Vida (ACCV) tornou-se popular na década de 1960, quando as agências governamentais americanas começaram a aplicar este conceito na indústria, destacando-se o papel do “*U.S Department of Defense*”, que o incorporou nas suas actividades de logística, operação e aquisição. A título de exemplo, o conceito de minimização da CCV é encontrado no processo denominado “*Integrated Logistics Support*”, [23].

Desde então, o sector privado assimilou o conceito, e foram desenvolvidos novos estudos resultando daí, projectos onde os seus produtos foram concebidos considerando, logo à partida, o estudo do custo do ciclo de vida, denominando-se “*Design to Cost (DTC)*” em 1972, [24]. Saliente-se, que durante o período de 1970 até o início da década de 1980, a análise CCV foi aplicado principalmente no campo militar, nos Estados Unidos.

Após esse período, as aplicações de análise CCV espalharam-se para outras indústrias, tais como, aviões comerciais, indústrias de energia eléctrica, petróleo e produtos químicos. Entre as publicações mais importantes, destacam-se:

- **Life Cycle Costing Manual** [25] pelo *Federal Energy Management Program (FEMP)* para promoção de estudos relacionados com análise de custo ciclo de vida, em 1980. Saliente-se que após a criação deste guia, em 1987 foi revisto e em 1995 voltou a lê-lo, desta vez, com bastantes alterações, promovendo um conjunto enorme de inovações na análise de custo de ciclo de vida;
- **Systems Engineering and Analysis** [26], de Blanchard e Fabrycky, publicado em 1990;
- **Life-Cycle Cost and Economic Analysis** [27], em 1991, no desenvolvimento conceitual e teórico de questões relativas ao custo do ciclo de vida;

Doravante, têm sido desenvolvidos estudos, aplicando este conceito a outras áreas, tais como, fabrico de componentes, consumo de combustíveis e reciclagem de produtos, onde todos os processos são modelados, consoante o seu ciclo de vida.

A sua utilidade tem sido demonstrada com o passar do tempo, onde vários gestores têm apostado em técnicas, tendo como base este conceito, para minimizarem os custos, usufruindo das vantagens da sua utilização em projectos de conservação, não só de energia mas também em recursos naturais, pois a sua menor utilização acarreta, naturalmente, menores custos para o seu ciclo de vida. Deste modo, torna-se claro a opção por um projecto com menores custos de ciclo de vida, ao invés de projectos com menor custo inicial.

É com argumento, que este conceito deve ser incluído nas decisões iniciais, para as questões estratégicas e táticas, de modo a alcançar a longo prazo os mais baixos custos de exploração e manutenção.

### **4.3. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA**

O processo de cálculo da ACCV permite a comparação de soluções alternativas, em termos de custos para a vida útil do projecto esperado. Importa referir, que o processo em si é basicamente analítico, mas extremamente dependente da informação disponível, logo os resultados do processo apresentarão certamente um certo grau de fiabilidade no final do processo.

Assim, para quantificar o Custo de Ciclo de Vida de um produto ou processo, importa referir os seguintes factores preponderantes:

**Energia** - Consumo muito significativo, numa fase em que a questão energética assume, cada vez mais, um importante papel na economia nacional e também mundial. Em sistemas de drenagem de águas residuais, a variação do caudal efluente faz variar o consumo de energia, logo, uma adaptação da capacidade às necessidades do sistema será crucial para uma optimização energética e redução dos custos globais do sistema.

**Vida útil do Projecto** - A duração total da vida útil do produto ou serviço influencia, obviamente, a estimativa do custo total que o projecto irá ter. Assim, quanto maior a sua duração maiores serão os custos de manutenção e exploração a ter em conta. Note-se, que as redes de saneamento são investimentos de longo prazo, logo este parâmetro irá ter uma grande preponderância na análise final.

**Investimento** – Factor indispensável que faz depender toda a análise do custo global do projecto, visto ser extremamente relevante para as conclusões finais. Representa, geralmente, uma pequena parte dos custos globais.

**Materiais** – A sua especificidade dependerá do tipo de sistema que se irá instalar. Parcela importante e que deve ser tida em conta, pelo custo que representa e pela manutenção que exige ao longo da vida útil do projecto. A título de exemplo, o diâmetro das tubagens e acessórios poderão originar custos iniciais bastantes elevados.

**Mão-de-obra** – Os custos de pessoal para produção e manutenção dos sistemas, devem ser sempre geridos da melhor forma pelo valor que assumem durante a vida do projecto. Deverá ser tido em conta, o grau de especialização do trabalhador e a quantidade de trabalhos necessária para a exploração dos sistemas.

**Economia** – O valor da Taxa de Inflação e da Taxa de Juro influenciam a estimativa dos custos globais finais, pela variabilidade que as caracterizam. Quanto maior for o período de duração previsto, maior terá que se ter em conta o aumento inflacionário dos preços previsto ao longo do tempo. Relativamente ao aumento ou diminuição da taxa de juros, esta taxa tem um grande impacto na economia, na medida em que interfere na expectativa de lucro das empresas nos seus serviços.

Todavia, poderá haver casos onde para além destes factores, existam outros factores importantes, dependendo do tipo de caso para o qual se está a analisar. As metodologias de ACCV incorporam

incertezas, que estão relacionadas com a variação tanto dos próprios custos de reparação, como da altura em que estes vão ocorrer ao longo do tempo de análise.

Ressalva-se, o facto desta ferramenta poder auxiliar fortemente a decisão final num projecto, requerendo, para isso, uma análise económica e financeira com base na gestão da informação e capacidade crítica na fase inicial de projecto. A crescente competitividade dos mercados nacionais e internacionais obriga a um esforço contínuo nas empresas de modo a melhorar sua competitividade.

Assim, devem-se procurar soluções que visem a redução dos custos globais e o aumento dos benefícios económicos. A não realização de uma ACCV poderá originar consequências graves para o projecto, durante a sua vida útil, originando custos de exploração e manutenção superiores aos expectáveis na fase inicial de estudos.

#### **4.4. ÂMBITO E OBJECTIVOS**

Autoridades da água em todo o mundo confrontam-se, actualmente, com o problema do envelhecimento das redes, muitas vezes apenas limitada a dados históricos, necessitando de uma base sólida a longo prazo, de custos eficientes e de uma política de substituição apropriada.

Tendo as tubagens de águas residuais uma vida útil de décadas é, portanto, essencial a qualquer estratégia de substituição, numa base de ciclo de vida com possíveis benefícios de longo prazo, a redução drástica dos custos de exploração e manutenção.

No entanto, avaliar os benefícios do ciclo de vida das tubagens necessita de uma avaliação criteriosa e suscita das variáveis envolvidas, antecipando todas as despesas que possam ocorrer durante a vida de serviço da rede.

Um sistema de esgoto sanitário é um dos bens mais caros a ter em conta para análise de projecto, daí que uma boa estimativa do custo de capital do sistema é necessária, em função das necessidades das populações abrangidas.

Custos, relativos à operação e manutenção poderão ser especialmente difíceis de determinar, pois dependem de diversos factores, incluindo a idade do sistema, o volume de água residual drenado, o tamanho do sistema (tanto na metragem linear como no diâmetro de esgoto combinados) e áreas de drenagem associadas.

Relativamente aos objectivos primordiais deste estudo, estes incluem:

- Identificar os principais componentes de uma rede de drenagem de águas residuais e os parâmetros importantes que influenciam os custos globais da rede;
- Aplicar modelos matemáticos que envolvem os parâmetros importantes identificados;
- Desenvolver uma metodologia de análise do Custo do Ciclo de vida (CCV) para um sistema de drenagem e tratamento de águas residuais;
- Identificar os diversos custos envolvidos na construção e exploração do sistema bem como, os custos mais importantes associados ao projecto;

#### 4.5. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para a análise do custo do ciclo de vida é da maior importância, a listagem de todos os custos e benefícios associados ao projecto. Os custos envolvidos devem reflectir todos os movimentos de dinheiro desde as primeiras despesas até ao fim da vida útil da rede, onde se incluem as despesas do investimento inicial, inspecção, manutenção, reparação, reabilitação/substituição e serviços de exploração.

Inicialmente, deve dar-se especial atenção às fontes de informação de onde provêm os dados, para que haja credibilidade na informação disponibilizada, aumentando a fiabilidade das potenciais conclusões a advir da análise do CCV. O processo em si é basicamente matemático, mas extremamente dependente da informação disponível.

Esta metodologia pode permitir ao próprio analista, fazer uma razoável comparação entre soluções alternativas, dentro dos limites dos dados disponíveis para optar pela proposta financeiramente mais atraente, numa perspectiva de longo prazo.

Com base nos estudos efectuados em problemas deste género, a metodologia proposta apresenta o custo do ciclo de vida, como sendo a soma das seguintes parcelas:

$$LCC = C_i + C_{inst} + C_e + C_{om\&r} + C_{amb} + C_{elim} + C_{out} \quad (4.1.)$$

Onde,

**LCC** = Custo total do ciclo de vida do sistema

**C<sub>i</sub>** = Custos iniciais

**C<sub>inst</sub>** = Custo de instalação e mão-de-obra

**C<sub>e</sub>** = Custos de energia

**C<sub>om&r</sub>** = Custos de operação, manutenção e reparação

**C<sub>amb</sub>** = Custos ambientais

**C<sub>elim</sub>** = Custos de eliminação e desactivação

**C<sub>out</sub>** = Outros custos associados.

##### 4.5.1. CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS

Os parágrafos seguintes examinam cada uma das parcelas que constituem a ACCV e levantam indicações para a sua determinação. Para cada parcela, é feita uma descrição do custo envolvido e são dados exemplos de potenciais parâmetros que podem constituir esse mesmo custo.

- **Custos Iniciais**

Estes tipos de custos referem-se aos custos necessários para a compra e instalação de equipamentos e obras de construção civil, necessárias ao arranque dos trabalhos. É determinante para estes custos, o diâmetro das tubagens e acessórios, a qualidade do sistema seleccionado, os materiais utilizados e o seu comportamento durante a sua utilização. Elevada atenção a estes detalhes deverá ser feita, pois podem originar custos iniciais muito elevados e aumentarem o CCV de uma forma considerável. Entre estes custos, evidenciam-se:

- Serviços de engenharia;
- Contratos de concessões;
- Construção civil;
- Aquisição de Terrenos;
- Custos dos materiais e equipamentos;

- **Custos de Instalação e mão-de-obra**

Os custos de instalação do sistema e todos os equipamentos electromecânicos envolvidos, bem como, os custos de pessoal a operar no projecto, incluem os seguintes parâmetros:

- Ligações e colocações das tubagens;
- Ligações eléctricas e instrumentação;
- Montagem dos equipamentos mecânicos;
- Custos associados a pessoal especializado e não especializado a operar no sistema;

Assinale-se, que uma instalação completa dos equipamentos electromecânicos envolve uma planificação e gestão das tarefas, assim como, pessoal com experiência a operar nos trabalhos envolvidos. Estes podem variar muito, dependendo da complexidade do projecto e tipo de trabalhos envolvidos.

- **Custos de energia**

Importa salientar, que o consumo energético é, frequentemente, uma das parcelas com maiores custos e que geralmente influencia fortemente o valor final do CCV. Logo, é necessário obter todos os dados dos sistemas elevatórios a operar no sistema, estabelecendo padrões de consumo de acordo com as necessidades. Com o custo de kWh conhecido, obtêm-se o custo total de energia para sistema pretendido. Destaque, para a variação anual do preço da energia, tendo em consideração a taxa de inflação prevista.

- **Custos de operação, manutenção e reparação**

A longevidade esperada para o sistema requer uma manutenção regular e eficiente, por parte das entidades gestoras, dependendo do tempo e frequência das operações de manutenção feitas ao sistema.



Uma atenção aos detalhes com maior frequência é necessária para a concretização dos objectivos, tais como, a minimização dos custos de exploração e manutenção e eficiência das técnicas de exploração.

Embora as avarias não possam ser previstas, podem ser estimadas aproximadamente pelo cálculo do tempo médio entre avarias do sistema, associado a certo grau de probabilidade.

Assim, fenómenos como a exfiltração e infiltração em sistemas de águas residuais, durante o período de ciclo de vida, podem ser acautelados e corrigidos atempadamente, para que o grau de risco de deterioração do sistema seja menor, aumentando favoravelmente o período de vida útil dos equipamentos. Entre estes custos, incluem-se:

- Custos de inspecção;
- Custos de reparação;
- Custos de substituição;
- Custos de limpeza;
- Custos de segurança;

- **Custos ambientais**

Estes custos dependem, significativamente, da natureza do fluxo de água residual que atravessa o sistema. Quanto mais agressivo for, maiores serão os investimentos para evitar a contaminação do meio ambiente. Os custos de infracção ambiental deverão ser incluídos, sob o risco de representarem externalidades. Entre estes custos, evidenciam-se:

- Eliminação de contaminantes;
- Quantidade e frequência das descargas, não controladas, efectuadas em ETAR;
- Formação do filme biológico;
- Produção de gás sulfídrico na ocorrência de septicidade dos colectores;
- Intrusão de raízes nas tubagens;
- Caudais de infiltração;
- Reagentes Químicos.

- **Custos de eliminação e desactivação**

Quando a destruição tem um custo demasiado elevado, o CCV torna-se particularmente sensível á vida útil do equipamento. Assim, uma gestão cuidada durante o seu período de utilização é necessária, para uma extensa vida útil dos equipamentos instalados. A reciclagem dos equipamentos deve também ser envolvida, como uma boa prática ambiental a ser realizada pelas entidades gestoras. Entre estes custos, salientam-se:

- Custos de demolição de fossas sépticas;

- Custos de eliminação de caixas de visita
- Custos de remodelação de colectores
- Custos de substituição das bombas;

- **Outros custos associados**

Outras despesas onde se incluem, por exemplo, a mobilização de recursos humanos e máquinas e reparação das estradas existentes. Dependem, essencialmente, da informação disponibilizada e do tipo de previsão que se irá ter. Entre estes custos, evidencia-se:

- Seguros;
- Rendas;
- Aquisição e/ou alocação dos meios logísticos;

#### 4.5.2. ESTIMATIVA DOS CUSTOS

A estimativa dos custos é uma fase importante para a análise do custo do ciclo de vida do sistema que está sendo concebido ou explorado. Esta fase tem como finalidade, avaliar todos os custos de projecto para verificar se, dado o investimento, o projecto será vantajoso economicamente durante o seu período de vida útil.

No início desta metodologia, será necessário obter todos os dados sobre o sistema, nomeadamente, todos os custos associados à concepção e exploração da rede de drenagem de águas residuais. Como já foi referido, especial atenção deve ser dada, às fontes de dados solicitadas, para que a informação analisada seja apropriada à especificidade envolvida.

Numa avaliação de custos existe sempre um grau de incerteza nos valores das variáveis e que muitas vezes estão associados a estimativas, com base em indicadores acerca do valor do custo que se deseja encontrar. No caso, de valores fixos, este problema já não se coloca, pois os valores serão constantes ao longo da vida útil do projecto.

#### 4.5.3. O VALOR TEMPORAL DO DINHEIRO

A origem do investimento financeiro depende do valor temporal do dinheiro. Assim, para analisar um investimento financeiro é necessário compreender a rentabilidade de um projecto, maximizando os lucros e minimizando os custos.

É intuitivo, que uma qualquer quantia não tem o mesmo valor consoante fique disponível imediatamente ou apenas daqui a algum tempo. Estando o tempo presente em qualquer operação financeira e variando valor de um capital com este factor, existe a necessidade de efectuar a equivalência entre capitais relacionados a instantes de tempo diferentes.

Torna-se, portanto importante, entrar em consideração com factores de actualização que corrigem os valores anuais das diferenças temporais de valor verificadas.

A taxa de rentabilidade ( $r$ ) é o prémio que os investigadores exigem pela aceitação de um recebimento adiado. O valor actual de um recebimento futuro pode ser obtido, pela multiplicação desse valor por um factor de actualização, dado pela seguinte equação:

$$\text{Factor de actualização} = \frac{1}{1+r} \quad (4.2.)$$

sendo,

$r$  - taxa de actualização associada

Se  $C_1$  representar o montante actualizado ao fim de um período (1 ano a contar da data inicial) a partir da data base, então:

$$\text{Valor actual (VA)} = \text{Factor de actualização} \times c_1 \quad (4.3.)$$

Na análise de custos ao sistema, tendo em conta, que terá de se considerar um período de vida útil, é necessário calcular os custos ao longo do tempo, a partir dos valores actuais. O valor presente passa a ser igual ao valor futuro no final da vida de serviço, descontado por anos de serviço  $n$ . Para isso, terá de se aplicar a seguinte expressão ao factor de actualização:

$$\text{Factor de actualização} = \frac{1}{(1+r)^n} \quad (4.4.)$$

Onde,

$n$  – Período de tempo (anos)

Para análise do valor temporal do dinheiro serão aplicadas as expressões no quadro 4.1, que incorporam factores de cálculo de custos, tendo em consideração os valores já conhecidos e aqueles que se pretende saber.

Quadro 4. 1 - Fórmulas de ACCV, adaptado Kreith e Goswami [17].

Fórmula	Notação	Forma Algébrica	Comentário
<b>Single Compound Amount (SCA)</b>	(SCA, d%, n)	$SCA = (1 + r)^n$ $V.F = V.A \times SCA$	Quando se sabe um valor actual e se quer saber um valor futuro, utilizando o Montante Composto Único.
<b>Single Present Worth (SPW)</b>	(SPW, d%, n)	$SPW = \frac{1}{(1 + r)^n}$ $V.A = V.F \times SPW$	Quando se sabe um valor futuro e se quer saber um valor actual, utilizando o Valor Actual Único.
<b>Uniform Present Worth (UPW) e Uniform Present Worth modified (UPW<sub>mod</sub>)</b>	(UPW, d%, n) (UPW <sub>mod</sub> , d%, e, n)	$UPW = \frac{(1 + r)^n - 1}{r \times (1 + r)^n}$ $UPW = \frac{(1 + e)}{(r - e)} \times \left[ 1 - \frac{(1 + e)^n}{(1 + r)^n} \right]$ $V.A = V.F \times UPW$	Quando se sabe um pagamento anual e se quer saber um valor actual, utilizando o Valor Actual Uniforme.
<b>Uniform Sinking Fund (USF)</b>	(USF, d%, n)	$USF = \frac{r}{(1 + r)^n - 1}$ $M.P = V.A \times SPW$	Quando se sabe um valor futuro e se quer saber um valor anual, utilizando o Valor de Amortização Uniforme.
<b>Uniform Compound Amount (UCA)</b>	(UCA, d%, n)	$UCA = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$ $V.F = M.P \times UCA$	Quando se sabe um pagamento anual e se quer saber um valor futuro, utilizando o Montante Composto Uniforme.
<b>Uniform Capital Recovery (UCR)</b>	(UCR, d%, n)	$UCR = \frac{r \times (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$ $M.P = V.A \times UCR$	Quando se sabe um valor actual e se quer saber um valor anual, utilizando a Recuperação Uniforme do Capital.
<b>Considerações</b>	$r$ - Taxa de Rentabilidade; $e$ = taxa de variação constante; $n$ = Período de tempo (anos); $V.A$ = Valor Actual do dinheiro; $V.F$ = Valor Futuro do dinheiro; $M.P$ = Montante de Prestação;		

#### 4.5.4. PERÍODO DE ESTUDO

Uma das componentes mais importantes da equação da ACCV é o tempo. O período de estudo é o período de tempo no qual o sistema e as despesas de operações estão a ser avaliados. Normalmente, o período de estudo pode variar de trinta a quarenta anos, dependendo da natureza da obra, durabilidade dos materiais e do tipo de instalação.

Os custos e os benefícios, relacionados com a decisão do investimento, devem ter sempre em conta este parâmetro, pelo incremento de custos que este comporta, sendo que compete ao gestor decidir o período de vida útil do projecto.

##### 4.5.4.1 Ano início de exploração

O período de estudo, considerado na análise de CCV, terá início na data base e inclui o período de vida útil do projecto, desde o período de concepção de projecto até ao fim do período de utilização.

Objectivamente, define-se a data base, como a data utilizada na ACCV, que define o período de tempo que deve ser considerado no cálculo dos custos antecipados relacionados com o projecto. Tal análise coloca-se, pois os preços não têm preços constantes, servindo a data base para referenciar a data de origem no cálculo dos custos do ciclo de vida do projecto. Assim, poderão ser calculados preços constantes à data base, de modo a se poder comparar todos os custos de projecto, para que no final resulte o custo global do projecto.

A forma mais simples para a definir, será considerar a data início de projecto, ou seja, a data onde se inicia todo o processo de ciclo de vida do sistema. Os custos futuros relativos ao ano, devem ser antecipados desde o fim do ano em que eles ocorrem, [28].

##### 4.5.4.2. Data de início de utilização – período início de exploração do sistema

A data de início de utilização é a data em que o projecto começa a ser explorado, ou seja, a partir do qual ocorrem os custos de manutenção e operação. No caso de uma rede de drenagem de águas residuais, estes devem conter todos os processos de exploração da rede, desde a sua instalação até à sua desactivação.

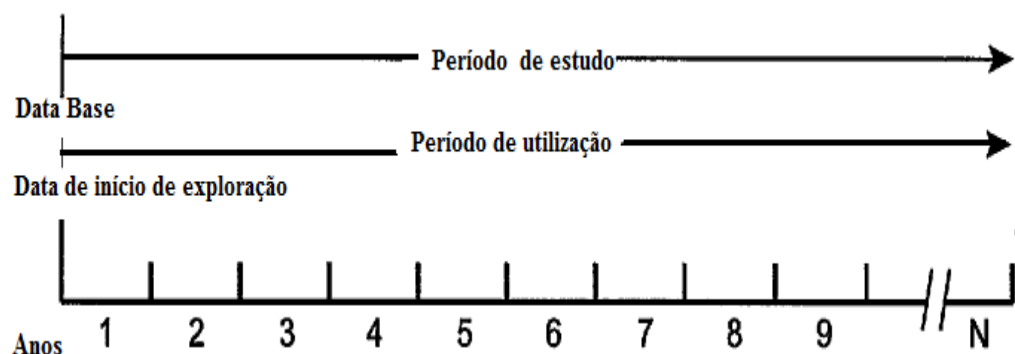


Figura 4. 1 - Data base e Data início de utilização, adaptado Fuller e Petersen 1995, [19].

#### 4.5.5. TAXA DE INFLAÇÃO E TAXA DE ACTUALIZAÇÃO

Um problema inerente a qualquer tipo de avaliação ou de análise de decisão é a dificuldade de fazer comparações de valor entre os projectos que não são medidos em unidades de tempo iguais. Mesmo quando os valores são expressos em unidades monetárias, como euros, os valores ainda não podem ser comparáveis, pelo aumento de preços dos materiais e energia.

Em economia, a taxa de inflação é a queda do valor de mercado ou poder de compra do dinheiro. Isso é equivalente, ao aumento do nível geral de preços e que condiciona certamente a abordagem económica ao problema de custos de ciclo de vida.

O oposto da inflação é a deflação, que corresponde a uma descida continuada e generalizada dos preços. A ocorrência de deflação é muito rara e está geralmente associada a períodos de depressão económica, como o que se verificou em 2009.

Em Portugal, a taxa de inflação tem variado o longo dos últimos anos, conforme o gráfico apresentado na Figura 4.2. Esta taxa tem grande influência, não só para os administradores das empresas, mas também para os consumidores, pela implicação nas políticas económicas e no nível de vida dos portugueses. Para isso, é fulcral a acção do Banco Central Europeu (BCE), enquanto responsável pela monitorização das taxas de inflação nos Estados Membros da União Europeia, para que não ultrapasse os 2%.

Na ACCV, a taxa de inflação terá certamente importância, para análise dos preços dos combustíveis e energia, ocorridos durante os vários anos do período de estudo. Isso, influenciará certamente o poder de compra das empresas e os potenciais custos de energia em equipamentos electromecânicos a operar, por exemplo, em estações elevatórias e estações de tratamento de águas residuais.

Para análise económica do projecto, deve-se ajustar os custos ocorridos durante os vários anos do período de vida útil, ou seja, será utilizada uma taxa de actualização apropriada para ajustar custos futuros em valores actuais. Saliente-se, que se torna mais fácil efectuar uma análise a preços constantes e, assim, evitar a necessidade de prever taxas de inflação futuras ou de deflação. Caberá então ao analista decidir pela taxa de actualização de preços adoptar, para se calcular os montantes de custos futuros em euros.

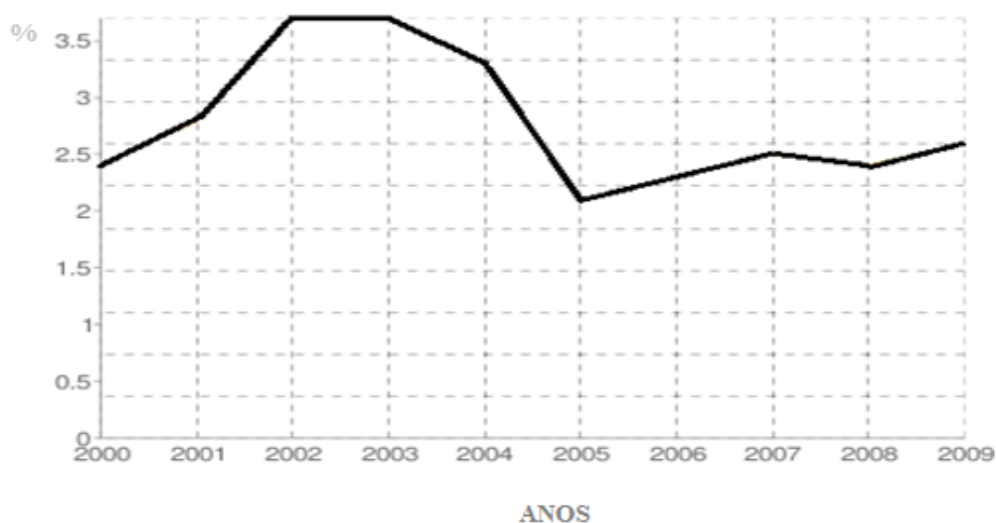


Figura 4. 2 - Evolução da taxa de inflação (%), desde 2000 até 2009, em Portugal[29].

#### **4.6. IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA**

Após a descrição e caracterização do método, é necessário dar especial atenção à sua implementação, de modo a avaliar toda a informação, necessária ao tipo de especificidade de análise envolvida.

Será importante, analisar a sensibilidade dos custos do sistema escolhido, consoante as diferentes situações previstas no projecto. Por exemplo, nos sistemas de drenagem de água residuais intervém a incerteza relativa ao crescimento populacional e do caudal efluente gerado ao longo do tempo na rede. Portanto, um sistema mais flexível na exploração pode apresentar mais vantagens económicas durante o seu período de vida útil.

Os custos de aquisição e os custos operacionais incrementam o custo total da rede durante sua vida, estando directamente dependentes do diâmetro da tubagem e dos restantes componentes do sistema. As tubagens devem, assim, ser dimensionadas por critérios de minimização dos custos globais totais da rede. Obter toda a informação hidráulica, estrutural e ambiental relevante sobre o sistema será também fundamental para a redução do custo de ciclo de vida da rede de saneamento. Nesta etapa, deverá ser dada especial atenção aos custos operacionais e de manutenção.

Uma avaliação dos custos poderá ter grande implicância nos estudos de reabilitação de redes. Esta ferramenta, tem como grande vantagem, poder incorporar uma análise de sustentabilidade na construção, permitindo a comparação entre várias estratégias de reabilitação.

No passado, para muitas empresas, os custos ambientais eram considerados como informação externa e que nada se relacionava com resultados obtidos. Actualmente, reconhece-se que o seu conhecimento e controlo são fundamentais para que eles possam ser considerados custos específicos do projecto. Consequentemente, faz todo o sentido, a consideração da análise de ciclo de vida da rede de saneamento, por incorporar todos os impactos ambientais da gestão do sistema e que depois se traduzirão em custos ambientais. Os custos ambientais requerem, assim, o mesmo tratamento que recebem os custos de outra natureza pois, como qualquer custo operacional, têm grande impacto na gestão de um projecto, tornando-se importante a sua avaliação.

A aplicação do princípio do Poluidor - Pagador poderá ser uma questão interessante aqui a ser colocada, pois o sucesso desta aplicação estará muito dependente, do tipo de política ambiental escolhida pela empresa para a gestão e exploração do sistema. O processo de ACCV, deverá ser bem definido em todas as suas fases, tendo especial sensibilidade aos factores mais preponderantes nos custos finais para o sistema.

Este processo de decisão, tem como objectivo primordial, desenvolver uma estratégia de gestão com base na análise de custo do ciclo de vida. Assim, é necessário prever as condições futuras e adaptar processos de reabilitação apropriados, analisando diferentes períodos. Neste intuito, será crucial identificar áreas problemáticas de esgoto, e reabilitá-los atempadamente, suprimindo as falhas de esgoto, de modo a que os custos de manutenção não se tornem elevados.

A compreensão da deterioração de esgoto pode ajudar os gestores de activos, a prever as condições da rede e efectuar acções apropriadas de exploração do sistema. Consequentemente, poderá resultar numa utilização eficiente dos recursos naturais, que cada vez mais se tornam limitados no mundo actual.

Na figura 4.3 apresenta-se um fluxograma de decisão, que incorpora todos os princípios e descreve todas as fases desta metodologia. Para cada processo é associado um custo que depois será incorporado na análise do custo de ciclo de vida. É neste intuito, que esta ferramenta poderá auxiliar todo o processo de decisão, pois relaciona os aspectos ambientais com a questão económica possibilitando uma análise de todo o sistema e auxiliando o analista, no processo de decisão na gestão

do sistema. Acertadamente, poderá se decidir, pelo tipo de acções a tomar de melhoria do sistema e optimização de toda a rede de saneamento.

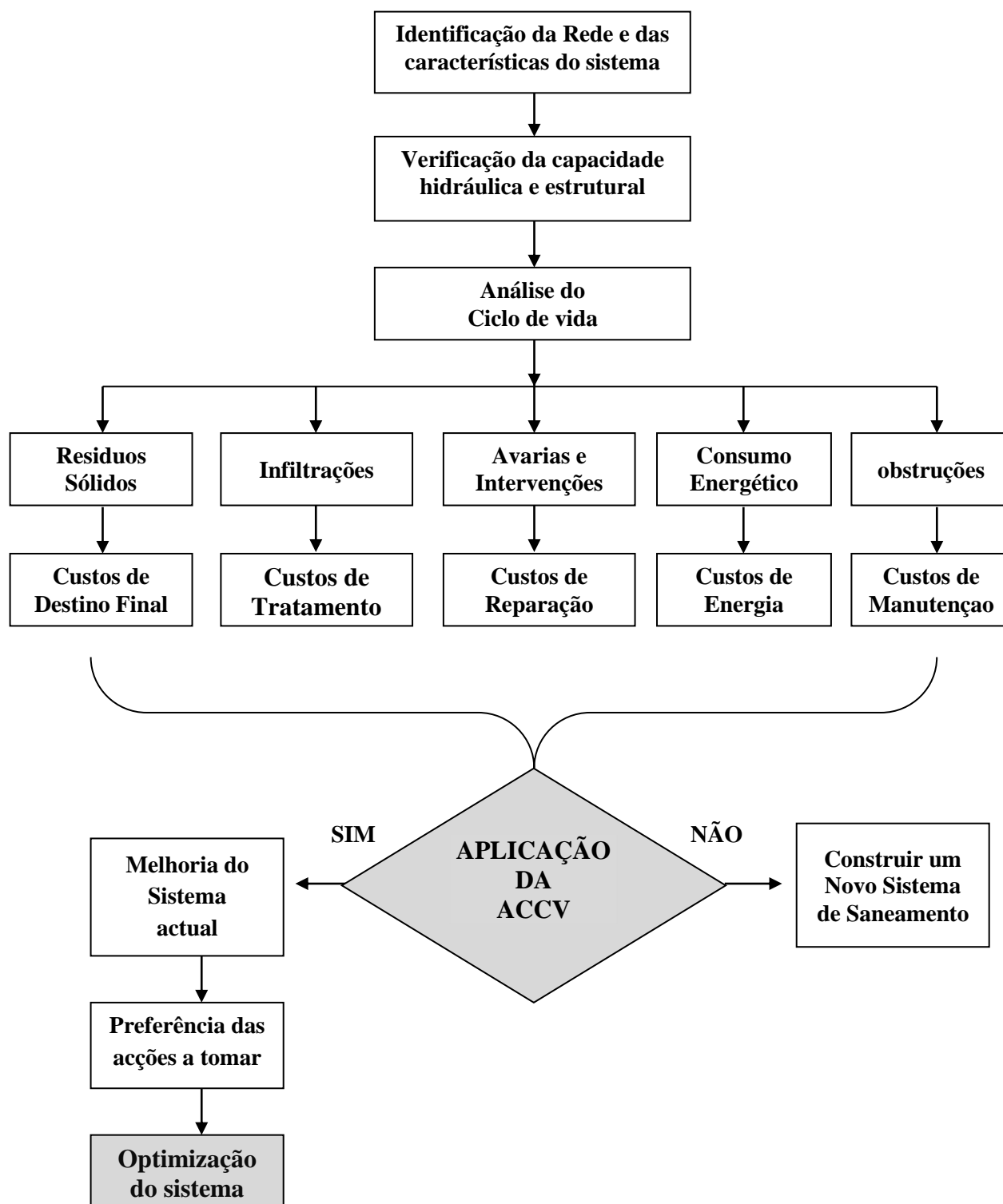


Figura 4. 3 - Metodologia na Análise do Custo de Ciclo de Vida da Rede, Autoria própria.



# 5

## CASO DE ESTUDO – VALONGO

### 5.1. GENERALIDADES

A rede colectora de águas residuais no concelho de Valongo, concessionada à empresa Águas de Valongo SA, será objecto do presente estudo. O início do seu período de funcionamento ocorreu em 1 de Novembro de 2000.

O estudo a realizar, tem como base os conceitos “ Análise de Ciclo de Vida e “Análise de custo de Ciclo de Vida”, onde inicialmente, o objectivo pretendido apenas teria em conta, uma pequena extensão de rede, mas em função dos dados necessários e disponíveis, optou-se por uma análise mais geral ao concelho. Portanto, todos os dados que serão apresentados neste capítulo, irão aferir ao sistema de saneamento existente em toda a rede de drenagem de águas residuais em Valongo.

O estudo realizado tem como base a estrutura de todo o sistema, apresentando as seguintes características:

- 339 Km de extensão total aproximada de rede;
- 19.881 Ramais domiciliários de águas residuais, com um comprimento médio de 4.3 m;
- 25 Estações elevatórias de águas residuais domésticas;
- Duas Estações de Tratamento de Águas Residuais, designadamente, ETAR de Valongo, Campo e Sobrado e a ETAR de Alfena e Ermesinde;

## 5.2. CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO – VALONGO

Na figura 5.1 é apresentado um mapa da rede existente no concelho de Valongo, descrevendo a localização das Estações Elevatórias, Estações de Tratamento de Águas Residuais e os interceptores na rede.

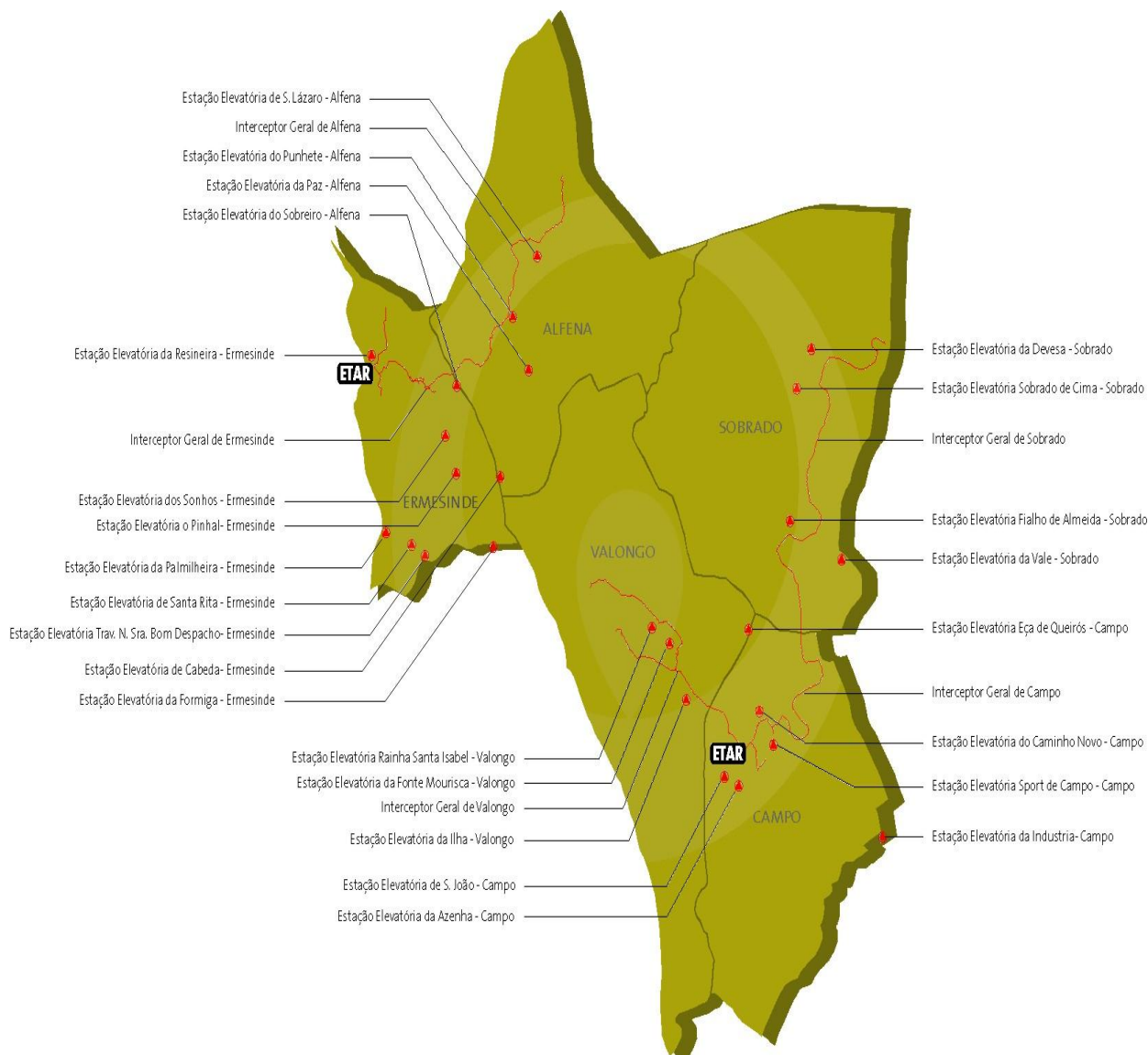


Figura 5. 1 - Mapa com estações elevatórias, interceptores e as ETAR do concelho.

Valongo é uma cidade portuguesa no Distrito do Porto, Região Norte e sub-região do Porto, com cerca de 97 138 habitantes e subdividido em 5 freguesias, nomeadamente, Alfena, Campo, Ermesinde, Sobrado, Valongo, compreendendo uma área total de 75,13 km<sup>2</sup>, [30].

A rede de drenagem existente recolhe as águas residuais urbanas produzidas no Concelho, encaminhando-as para as ETAR (Ermesinde e Alfena e Valongo, Campo e Sobrado) para tratamento, antes da descarga no meio receptor. O sistema subdivide-se em dois subsistemas, nomeadamente, o sistema Nascente, que serve as freguesias de Valongo, Campo e Sobrado e o sistema Poente, que serve as freguesias de Ermesinde e Alfena.

- **O sistema Nascente:** As águas residuais recolhidas, no subsistema, são encaminhadas para a ETAR de Valongo, Campo e Sobrado e após seu tratamento são rejeitadas no Rio Ferreira.



Figura 5. 2 - ETAR de Valongo, Campo e Sobrado

- **O sistema Poente:** As águas residuais recolhidas neste subsistema são encaminhadas para a ETAR de Ermesinde e Alfena e após tratamento são rejeitadas no Rio Leça.



Figura 5. 3 - ETAR de Ermesinde e Alfena

### **5.3. ASPECTOS METODOLÓGICOS**

Na aplicação prática desta metodologia, torna-se de facto importante, referir todas as opções tomadas ao longo do presente estudo, bem como justificar as opções feitas nesta metodologia.

Assim, considerando os pressupostos desta aplicação, a análise será dividida em duas partes fundamentais, especificamente, a análise de ciclo de vida e análise do custo do ciclo de vida.

#### **5.3.1. ANÁLISE DE CICLO DE VIDA**

A metodologia a seguir para aplicação da análise de ciclo de vida, no caso em estudo, encontra-se descrita na norma NP EN ISO 14040: 2008. A recolha de informação efectuou-se segundo os dados de exploração no ano 2009, representativo das actividades de manutenção e exploração, efectuadas pela empresa Águas de Valongo SA.

Todos os dados foram monitorizados e organizados pela empresa, onde vários parâmetros foram ponderados, pois devido ao tipo de especificidade em análise, não foi possível obter informação detalhada sobre alguns conteúdos. Note-se, que no caso da ACV, esta metodologia apenas incorporará os princípios deste conceito, pelos motivos descritos no ponto 3.9. A abordagem utilizada inclui todas as fases de ciclo de vida da rede e todos os processos que contribuem para o seu fim de ciclo de vida.

Considerou-se a produção de energia eléctrica em estações elevatórias e em estações de tratamento de águas residuais, em resultado da significativa quantidade de energia eléctrica consumida na rede. Foi considerado igualmente, os volumes de água de infiltração em toda a rede, onde se obteve volumes mensais de infiltrações, resultado da detecção de anomalias existentes com recurso a equipamentos de inspecção na rede.

Foram considerados os tratamentos de fim de linha da rede, isto é, os poluentes associados as emissões de sulfuretos para o ar e as quantidades de resíduos sólidos produzidos em cada uma das estações de tratamento de águas residuais. Foram também incluídos, o número de avarias e obstruções na rede, devido à implicância no estado de conservação dos colectores.

Saliente-se, o facto de se ter considerado os processos mais gravosos e os que de acordo com as consequências para o meio ambiente, poderão afectar gravemente o ciclo de vida da rede de drenagem e tratamento de águas residuais em Valongo, excluindo-se outros processos que indirectamente poderão eventualmente estar ligados à rede de saneamento.

#### **5.3.2. ANÁLISE DE CUSTO DE CICLO DE VIDA**

Relativamente à análise de Custo de ciclo de vida de uma rede de saneamento, mediante a sua importância para análise de vida útil da rede, foram incluídos todos os custos, desde os iniciais e de investimento, manutenção e exploração até aos custos de fim de vida útil dos materiais.

Quanto ao período de vida útil adoptado, foi considerado o ano horizonte de 2048 e a data base do estudo é Novembro de 2008, devido ao investimento inicial, ter sido realizado de forma faseada durante os oito primeiros anos de exploração. Note-se, que a partir dessa data, os custos de instalação serão apenas referentes a pequenas e médias intervenções no terreno, de acordo com a aleatoriedade da rede e ao crescimento da população no concelho. Assim sendo, todos os dados disponíveis iniciam-se nessa data e têm a duração de 40 anos. Conforme o referido em 4.5.4.2, para análise do caso em estudo, o período de estudo será coincidente com o período de utilização, onde remontam todos os custos de operação, manutenção e reparação.

#### 5.4. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DA REDE DE SANEAMENTO

Todos os dados e considerações efectuadas, dizem respeito ao funcionamento e exploração da rede pública de águas residuais no concelho de Valongo. A identificação e avaliação dos impactos ambientais significativos constituem a base de um sistema de gestão ambiental, no sentido de avaliar os processos ambientais mais relevantes para o seu controlo.

A carga ambiental pode ser expressa em quantidades de emissão de materiais ou na contribuição de cada processo para avaliar o impacto ambiental. Neste estudo será exemplificada uma metodologia possível para avaliar o ciclo de vida da rede de saneamento, visto que a quantificação de todos os recursos que atravessam os fluxos da rede se torna uma tarefa algo complicada, pela falta de informação existente e pelos meios de quantificação disponíveis.

##### 5.4.1. DEFINIÇÃO DE OBJECTIVOS E ÂMBITO

Este estudo pretende identificar e avaliar os potenciais impactos dos processos intervenientes no ciclo de vida da rede, avaliando a contribuição de cada uma das fases no impacto sobre o meio ambiente.

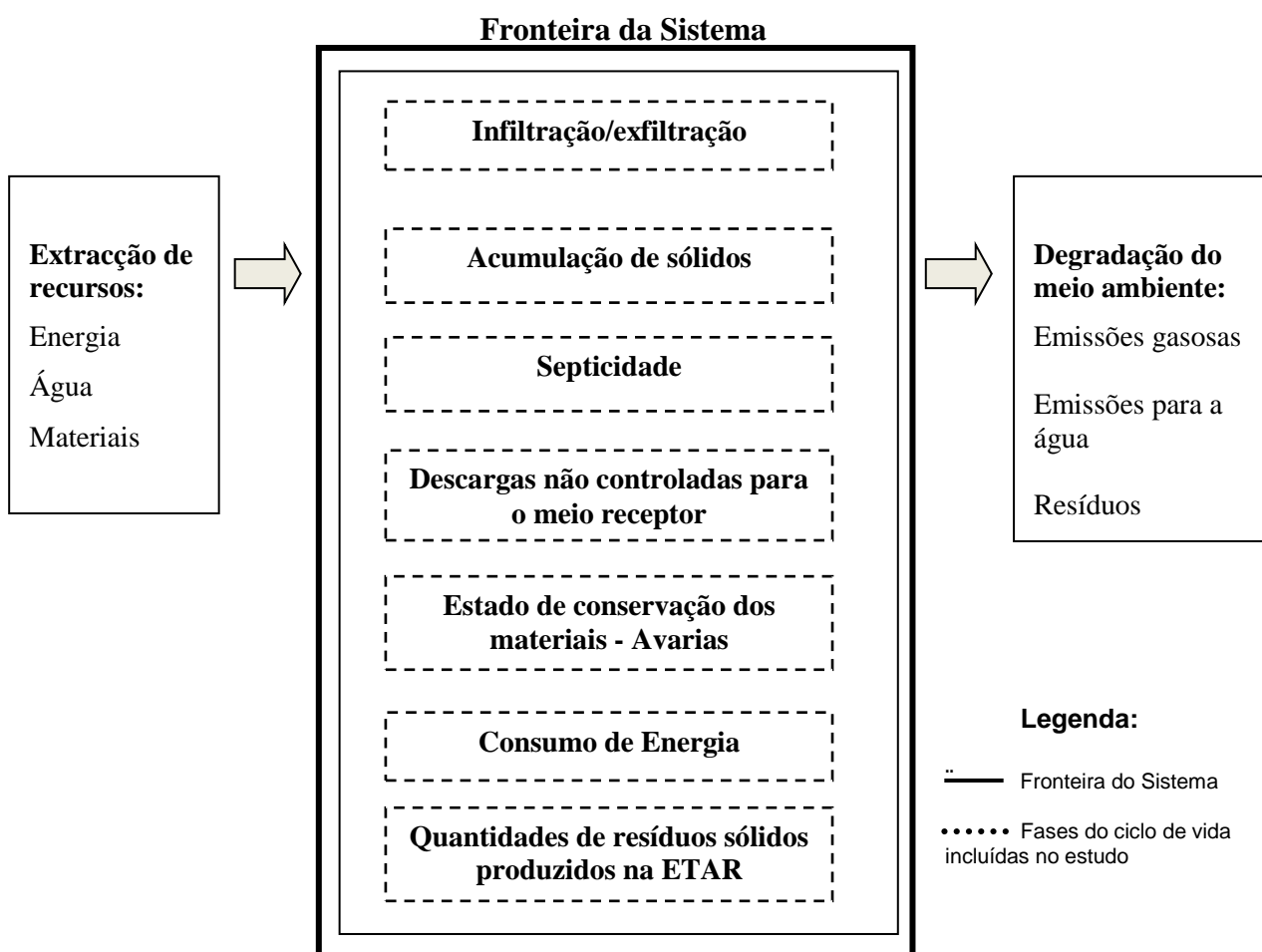


Figura 5. 4 – Fases do ciclo de vida associadas aos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.

De acordo com a figura 5.4, serão analisados os processos individualmente, onde se procurará definir todos os aspectos a ter em conta na análise de ciclo de vida do sistema. Toda a informação relativa aos materiais, energia e emissões para o ar, solo e água resulta de informação disponibilizada pela empresa, tendo em conta o relatório de exploração do ano 2009.

Considerou-se o ano 2009, como o ano representativo das actividades da empresa, visto ser o ano interpretativo da análise de custo de ciclo de vida, e assim, se poder integrar as conclusões retiradas nesta análise com os consequentes custos para a entidade gestora.

Foram considerados todos os fluxos da rede de drenagem e tratamento de águas residuais, isto é, as entradas no sistema e as saídas associadas aos tratamentos em fim de linha nas ETAR do concelho. Estas fases compreendem a exploração, tratamento e deposição final dos aspectos ligados à gestão da rede de drenagem e tratamento de águas residuais.

Estas fases resultarão numa degradação do meio ambiente, proveniente da toxicidade dos gases libertados, da poluição do meio hídrico e dos resíduos resultantes nas estações de tratamento de águas residuais. A abordagem considerada inclui as fases de ciclo de vida, apenas sob influência directa da empresa Águas de Valongo SA.

Este método tem como vantagem tomar em consideração os processos ambientais mais gravosos com impacto directo no meio ambiente, ajudando na interpretação de todas as anomalias com vista à sua mitigação e possibilitando o desenvolvimento de critérios e procedimentos objectivos para a avaliação dos sistemas. A optimização da eficiência dos sistemas de recolha de águas residuais e do seu respectivo funcionamento traduzem-se numa melhoria geral do meio ambiente e consequentemente aumento da eficácia do funcionamento da rede.

#### 5.4.2. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV)

Após a definição do âmbito e objectivo de estudo, é necessário efectuar a inventariação dos fluxos de recursos, materiais e de energia. Este passo implica a listagem quer das substâncias químicas, quer da energia consumida e a emissão de poluentes gasosos, efluentes líquidos, ou resíduos sólidos. Assim, é necessário para cada um dos processos intervenientes, quantificar os recursos presentes de modo a poder seguir a metodologia descrita em 3.4.

Depois da análise e quantificação dos processos, é necessário efectuar a listagem dos recursos de entrada e saída no sistema, de modo a poder concluir a inventariação dos fluxos na rede em Valongo. Para cada recurso será feita a listagem das substâncias que o compõem e que poderão ter implicância no impacto sobre o meio ambiente.

Considerou-se as emissões de poluentes que poderão ocorrer se existirem fugas nas tubagens da rede, resultando em focos pontuais de poluição no solo. Considerou-se a emissão de gases que poderá ocorrer, pela utilização do sistema e a deposição de sedimentos nas tubagens, caso as condições de auto-limpeza não se verifiquem, originando a libertação de gases tóxicos para o meio ambiente. Considerou-se igualmente, a água excedente descarregada sem tratamento, que engloba os efluentes rejeitados no meio receptor, relacionando os parâmetros envolvidos com a carga ambiental sobre o meio hídrico.

No quadro 5.1 é apresentado o inventário de entrada no sistema, isto é, o fluxo de entrada de recursos, materiais e energia na rede, tendo em atenção os processos directamente relacionados com o ciclo de vida.

Quadro 5. 1 - Inventário de entrada de recursos, materiais e energia na rede.

Entradas			
Processo	Recursos	Valor	Unidade/ UF
Infiltração	Água		m <sup>3</sup>
Combustíveis e Energia	Energia eléctrica		kWh
Drenagem	Água Residual		m <sup>3</sup>
Ligações Indevidas	Água		m <sup>3</sup>

No quadro 5.2, tendo em atenção os fluxos de saída numa rede de drenagem de águas residuais, é apresentado o inventário das saídas do sistema, onde se consideram as emissões de gases tóxicos para a atmosfera, fugas de efluentes das tubagens directamente para o solo e os tratamentos em fim da linha em ETAR.

Quadro 5. 2 - Inventário de saída de resíduos, emissões gasosas e para a água na rede.

Saídas			
Processo	Recursos	Valor	Unidade/ UF
Resíduos	Gradados		ton
	Areias		ton
	Gorduras		ton
	Lamas		ton
Septicidade	Ácido sulfídrico (H <sub>2</sub> S)		Kg
	Amoníaco (NH <sub>3</sub> )		Kg
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )		Kg
	Metano (CH <sub>4</sub> )		Kg
	Azoto (N <sub>2</sub> )		Kg
Exfiltração	Água residual		m <sup>3</sup>
Descargas excedentes em ETAR	CBO		kg
	CQO		kg
	SST		kg

As saídas atrás referidas, dizem respeito aos tratamentos de efluente em fim de linha e aos processos que poderão ocorrer na rede, nomeadamente, a exfiltração e a septicidade.

A Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida (AICV) inclui, de acordo com a norma NP ISO 14040: 2008, as etapas obrigatórias (Classificação e Caracterização) e as etapas opcionais que incluem a normalização, Agregação e Ponderação. O resultado é um indicador único, que expressa o impacto ambiental das actividades envolvidas relacionadas com as unidades do recurso presentes.

O trabalho aqui apresentado, apenas contemplou as etapas iniciais da metodologia da ACV (Definição do âmbito e objectivos e Análise do inventário de ciclo de vida), onde apenas foi feita listagem dos indicadores que segundo a análise pretendida, devem ser integrados na análise do ciclo de vida da rede de drenagem e tratamento de águas residuais.

Não foi possível avaliar as quantidades de recursos envolvidos em todos os processos devido à falta de dados disponíveis, no âmbito de aplicação deste conceito à rede em Valongo. Ressalve-se, que em relação a avaliação dos impactos ambientais, esta é uma área de conhecimento que envolve naturalmente, uma grande subjectividade e um conhecimento antecipado das consequências do projecto para o ambiente.

As conclusões a advir desta análise, poderão ajudar à criação de soluções ambientalmente sustentáveis, na possibilidade da imposição de medidas tendentes a minorar ou compensar os impactos negativos de uma rede de drenagem e tratamento de águas residuais.

Em suma, a introdução de critérios ambientais com vista ao desenvolvimento de soluções mitigadoras para resolver cada problema, poderá tornar a gestão da rede mais eficiente em termos ambientais.

#### 5.4.3. QUANTIFICAÇÃO DOS PROCESSOS INTERVENIENTES NO CICLO DE VIDA DA REDE

Como já foi referido, devido às dificuldades encontradas, não foi possível avaliar o ciclo de vida da rede em Valongo. No entanto, no sentido avaliar a gestão do sistema, optou-se pela análise dos processos envolvidos no ciclo de vida da rede. Em cada análise, será feita uma abordagem elucidativa de cada processo e avaliadas as possíveis consequências para o sistema, para uma melhor interpretação dos parâmetros envolvidos.

Saliente-se, como uma forma de complementaridade com a análise custo de ciclo de vida, irão ser igualmente avaliados os consequentes custos, para as Águas de Valongo SA, inerentes aos processos em análise, pois incrementam os custos na exploração e manutenção do sistema.

##### 5.4.3.1. Infiltração

O termo infiltração é entendido como entrada de água superficial e subterrânea nas infra-estruturas enterradas, através de deficiências estruturais nos colectores, juntas, ligações domésticas e nas câmaras de visita. Consequentemente, este aumento do caudal afluente acarreta graves problemas às ETAR, pelo excesso de volume de efluente que recebe, dificultando todos os processos de tratamento.

A longo prazo, este problema é bastante crítico e acarreta graves consequências económicas na gestão da rede da drenagem de águas residuais. Não sendo possível eliminar totalmente esta afluência é desejável, que estes caudais sejam mantidos em valores baixos. Na figura 5.5 é possível visualizar aspectos que ilustram a ocorrência de infiltração, no interior da rede de colectores em Valongo.



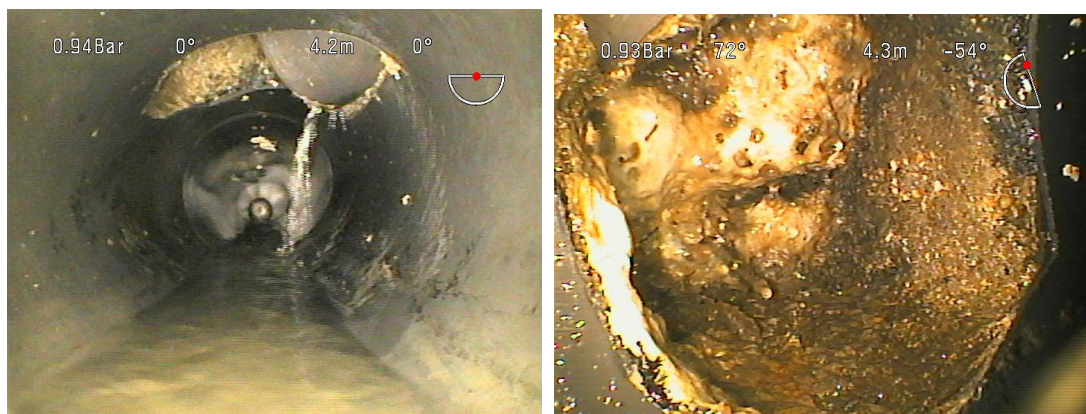


Figura 5. 5 – Exemplos de imagens ilustrativas de infiltração em colectores, [31]

A infiltração num sistema de drenagem de águas residuais pode ser directa, quando resulta da contribuição de ligações indevidas à rede ou indirecta, quando associada à proximidade do nível freático em relação à posição dos colectores, que por deficiências estruturais constituem entradas de águas subterrâneas na rede de drenagem. Neste estudo, será tido em conta estes dois tipos de infiltração.

Entre todos factores que influenciam a ocorrência dos caudais de infiltração, salientam-se os seguintes aspectos:

- Posição dos elementos das redes relativamente ao nível freático, que apresenta variações sazonais de pressão hidrostática;
- O estado de conservação dos equipamentos da rede de drenagem e assentamento dos colectores;
- Tipos de solo, permeabilidade, temperatura e profundidade do extracto impermeável;
- Ocorrência de precipitação, induzindo um acréscimo da infiltração e consequentemente elevação do nível freático;
- Comprimento das redes, diâmetro dos colectores e número de câmaras de visita;
- A percentagem do tempo em que o nível freático está acima da soleira dos elementos da rede de drenagem;

A detecção de anomalias na rede exige diversos equipamentos de inspecção vídeo, geradores de fumo e Caudalímetros portáteis, afigurando-se como uma tarefa algo morosa e dispendiosa pelos meios envolvidos e pelo tempo necessário para cada detecção.

Como valor de referência, o valor do caudal de infiltração deve ser igual ao caudal médio das águas residuais para diâmetros menores ou iguais a 300 mm, caso não existem dados disponíveis. No caso de colectores com diâmetros superiores a 300 mm, o caudal de infiltração deverá variar entre 0,5- 4 m<sup>3</sup>/dia/cm/ km. Estes valores encontram-se descritos no Decreto-Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto.

Devido às dificuldades de quantificação, foi tido em conta igualmente estudos experimentais realizados. Entre estes estudos, salientam-se os de Almeida e Brito em 2002, definindo o caudal de infiltração até 50% do caudal médio em tempo seco. Neste estudo foi feita uma monitorização com

uma duração de um ano. Em 2004, Princ e Kohout definiram o caudal de infiltração a variar entre 72 a 104 m<sup>3</sup>/km/dia ou 0,72 m<sup>3</sup>/dia/ramal de ligação, usando valores experimentais de uma bacia na República Checa, com medições no período de inverno e de verão de 2004, [32].

Neste processo foram recolhidos os dados dos caudais de infiltração no ano 2009, para uma sub-bacia da rede drenagem em Valongo isto é, desde o interceptor geral de Valongo até à ETAR de Campo, desde os meses de Janeiro até Junho. Esta pequena rede recebe os efluentes de Campo e Sobrado como se pode visualizar pela figura 5.1, apresentada anteriormente.

Apenas será considerada esta parte da rede, pois não estavam disponíveis os valores de caudais de infiltração para toda a rede de drenagem. Todos os dados têm como base resultados experimentais e estimativas baseadas em estudos anteriormente feitos, pelas Águas de Valongo SA, no âmbito deste problema, na procura de soluções mitigadoras para reduzir o impacto dos volumes de infiltração. Nesta preocupação de melhoria, encontram-se priorizadas acções de inspecção e vistoria no projecto “águas parasitas”, no sentido de identificar pontos críticos e proceder à sua rectificação.

No quadro 5.3 são apresentados os valores mensais dos caudais totais que afluem a ETAR de Campo, os caudais de infiltração subterrâneos e a percentagem de caudal de infiltração pertencente ao volume total, para o ano 2009.

Quadro 5. 3 - Valores de caudais de infiltração subterrânea.

Mês	Caudal Total (m <sup>3</sup> /mês)	Caudal de infiltração Subterrâneo (m <sup>3</sup> /mês)	Percentagem afecta ao caudal de infiltração
Janeiro	722.948	276.940	38%
Fevereiro	603.421	292.198	48%
Março	480.237	207.293	43%
Abril	415.172	225.337	54%
Maió	376.325	172.176	46%
Junho	366.928	152.564	42%
Julho	345.971	129.701	37%
Agosto	324.795	129.318	40%
Setembro	284.001	106.844	38%
Outubro	383.562	168.096	44%
Novembro	577.724	187.003	32%
Dezembro	814.505	421.826	52%

Os dados apresentados têm como base a metodologia de Valongo, no que se refere ao cálculo dos caudais de infiltração. Com base num programa de *software* foram avaliados os parâmetros de infiltração na rede, com recurso a medidores de caudal instalados em locais estrategicamente escolhidos e medições dos eventos de precipitação através de udómetros instalados, para relacionar a quantidade pluviométrica com o factor tempo.

Para além deste aspecto, considerou-se que o caudal de infiltração correspondia a 80% do caudal doméstico, verificado entre as 2h e as 6h da manhã. Analisando os valores apresentados no quadro 5.8, verifica-se que nos meses de Abril e Dezembro ocorreram as maiores afluências de caudais de

infiltração na rede, visto os valores de infiltração representarem mais de metade do valor do caudal total afluente à ETAR de Campo. Para além disso, verifica-se que a variação de caudal de infiltração se situa, aproximadamente, entre os 40 % e 50 % do caudal total afluente, ao longo do ano.

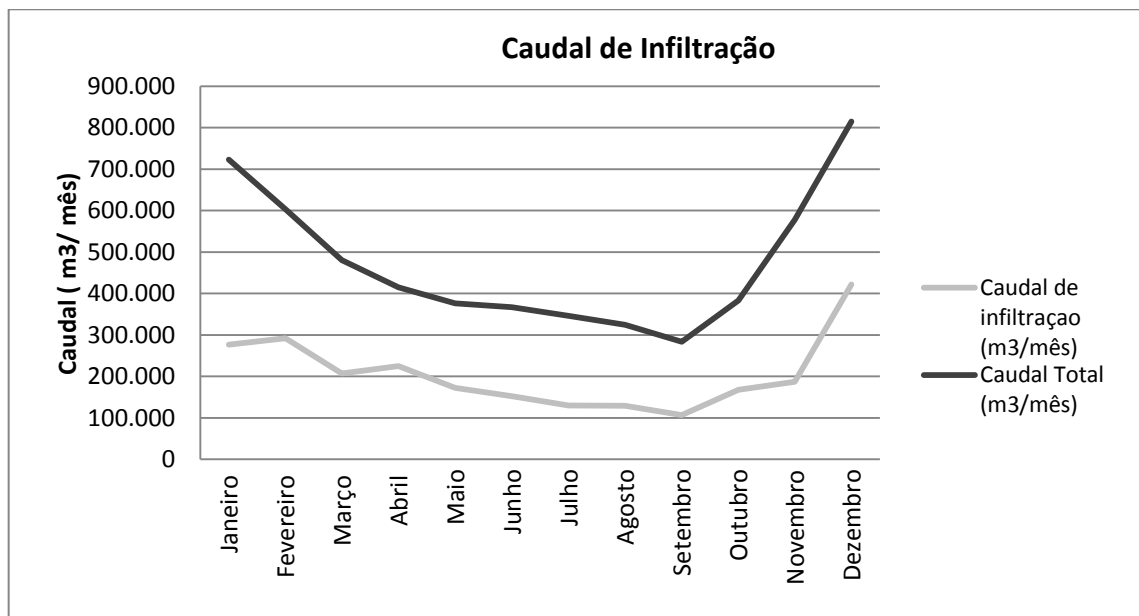


Figura 5. 6 - Comparação mensal do caudal total e o caudal de infiltração indirecta ao longo do ano 2009.

Analisando a figura 5.6, observa-se o impacto dos caudais de infiltração, em relação ao volume total de efluente que afluente à ETAR de Campo, no ano 2009. Pela variação do caudal efluente total, verifica-se alguns meses de pico, resultado das condições de pluviosidade e do nível de saturação dos solos ao longo do ano, nomeadamente, no início e no fim do ano. Em contraste, nos meses mais secos, constata-se pouca variância dos valores de caudais de infiltração.

Relativamente às consequências da ocorrência dos caudais de infiltração, o seu incremento na rede de drenagem pode causar graves problemas, nomeadamente:

- Redução da capacidade de transporte dos colectores e ETAR, potenciando as descargas de águas residuais no meio receptor sem qualquer tipo de tratamento e aumentando o nível de poluição dos meios hídricos;
- Arrastamento de solos, causando problemas operacionais e estruturais na rede de drenagem;
- Aumento dos custos operacionais e de investimento em novos equipamentos;

Foi ainda feito um estudo acerca da infiltração directa, nomeadamente, o impacto dos caudais provenientes das ligações indevidas das redes de águas pluviais às redes separativas de drenagem de águas residuais.

No quadro 5.4 são apresentados os valores de caudais totais afluentes à ETAR de Campo, os caudais provenientes de ligações de águas pluviais à rede de drenagem de águas residuais e respectiva percentagem de afectação.

Quadro 5. 4 - Valores de caudais de infiltração superficial.

Mês	Caudal Total (m <sup>3</sup> /mês)	Caudal de infiltração superficial (m <sup>3</sup> /mês)	Percentagem afecta ao caudal de infiltração
Janeiro	722.948	282.437	39%
Fevereiro	603.421	193.985	32%
Março	480.237	143.150	30%
Abril	415.172	20.434	5%
Maio	376.325	62.742	17%
Junho	366.928	83.945	23%
Julho	345.971	113.171	33%
Agosto	324.795	81.034	25%
Setembro	284.001	81.151	29%
Outubro	383.562	82.729	22%
Novembro	577.724	225.888	39%
Dezembro	814.505	207.507	25%

De modo a ter uma perspectiva mais elucidativa da variação do caudal de infiltração directa, é apresentado na figura 5.7, um gráfico de interpretação do impacto deste caudal na rede relativamente aos caudais totais que afluem à ETAR de Campo.

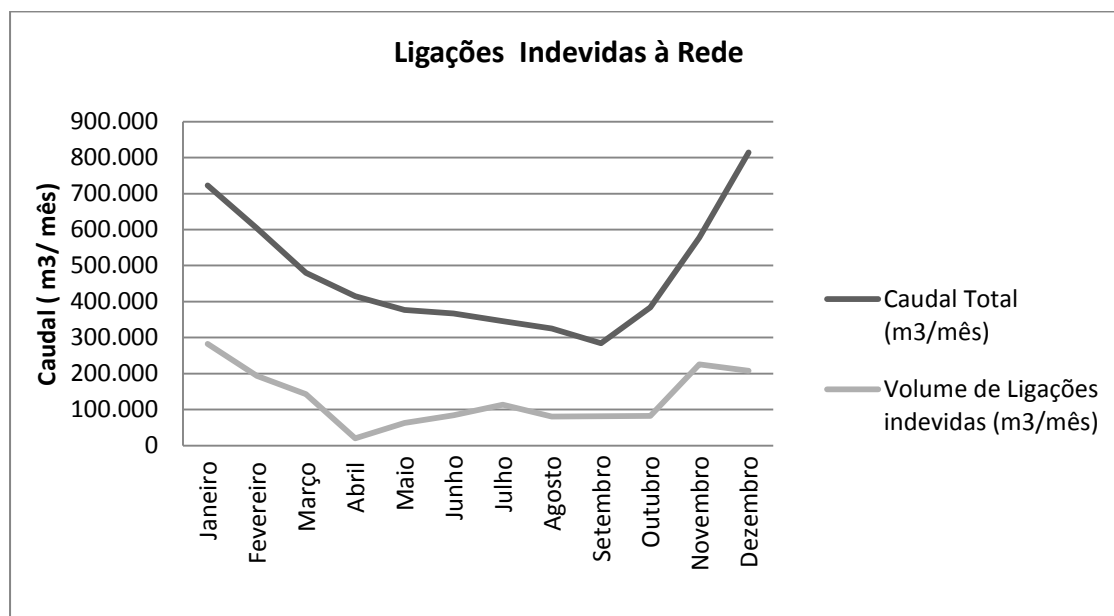


Figura 5. 7 - Comparação mensal do caudal total e o caudal de infiltração directa ao longo do ano 2009.

Analisando a figura 5.7, verificam-se pequenas variações de caudal entre os meses de Junho e Outubro. Os meses de maiores afluências foram os meses de Janeiro, Novembro e Dezembro, pelas condições de pluviosidade obviamente aferidas, incrementando o caudal recolhido pela rede colectora no concelho.

Como foi referido anteriormente, a infiltração em redes de drenagem de águas residuais resulta em vários custos associados, nomeadamente, custos operacionais e custos de manutenção. Assim, tendo em atenção o caudal anual tratado na ETAR de campo, foi calculado o custo anual de tratamento. Assinale-se, que apenas serão calculados os custos de infiltração referentes à ETAR de Campo, visto que a rede avaliada tem como fim de linha apenas esta estação de tratamento.

Quadro 5. 5 - Caudais afluentes à ETAR e respectivo custo de tratamento.

	ETAR de Ermesinde	ETAR de Campo
Caudal Anual Tratado (m <sup>3</sup> )	3.587.710	5.694.947
Custo Anual de Tratamento (euros)	68.023	107.977

Analisando o quadro 5.5, verifica-se que os valores de caudais afluentes a cada uma das ETAR e o respectivo custo de tratamento, para o ano 2009. A partir dos valores considerados, foi calculado um custo unitário de tratamento por cada m<sup>3</sup> de caudal afluente à ETAR de Campo, resultando em 0,019 €/m<sup>3</sup>.

Para calcular os custos de infiltração, deve-se ter em conta os custos de bombagem associados em estações elevatórias e os custos de tratamento da ETAR, na adição de produtos químicos, custos de arejamento e caudal bombeado. Nesta análise, apenas será tido em conta os custos gerais de tratamento pelos dados disponíveis.

Numa análise genérica, tendo em conta os valores de infiltração e considerando que em média, 45% do caudal total afluente diz respeito a caudal de infiltração indirecta, 30 % a caudal de infiltração directa e a restante percentagem diz respeito a água residual, foi calculado um custo de tratamento dos caudais de infiltração. Assim, obteve-se um custo de infiltração indirecta de 46813 euros e um custo de infiltração directa de 29919 euros.

Estes são valores naturalmente altos e com um certo erro associado, pois devido aos caudais de infiltração, a diluição do efluente será maior, logo não será necessário um tratamento tão rigoroso, diminuído, à partida, os custos de tratamento necessários para afluente total recebido.

Como já foi referido, para afluências significativas, relativamente à capacidade existente, podem verificar-se inundações, descargas através dos descarregadores de emergência e entrada em carga do sistema de tratamento de águas residuais.

Portanto, entre as várias soluções disponíveis para resolver estas ocorrências, dever-se-á ter em conta várias soluções mitigadoras, nomeadamente:

- Reabilitação do sistema de drenagem e dos materiais com graves problemas de estanqueidade e de conservação;
- Detecção das fontes de infiltração com utilização da inspecção vídeo, inspecção das câmaras de visita, execução de testes de estanqueidade e recurso a testes de fumo para a identificação de ligações indevidas de águas pluviais;
- Adaptação da ETAR às novas condições de drenagem, aumentando a capacidade dos tanques de regularização dos caudais afluentes, devido ao previsível aumento dos volumes de efluentes recolhidos pelos sistemas de drenagem de águas residuais;

#### 5.4.3.2. Acumulação de sólidos

A deposição de sólidos na rede de drenagem pode resultar em restrições a nível hidráulico, libertação de odores e potenciar a corrosão dos colectores, agravando o seu estado de conservação. Consequentemente, a deposição de resíduos deve ser evitada, devendo para o seu controlo ser estabelecidos limites aceitáveis, pela entidade que gere a rede pública de drenagem de águas residuais.



Figura 5. 8 – Exemplos de imagens ilustrativas de obstruções em colectores, [33].

Na figura 5.8 são apresentados exemplos que ilustram a ocorrência de obstruções, no interior das tubagens. O início da obstrução dos sólidos começa no topo e lados dos colectores, onde ao longo do tempo, a secção do escoamento vai diminuindo, restringindo o caudal do efluente e resultando num bloqueio da secção. Os colectores devem ter capacidade suficiente para drenar os caudais de águas residuais domésticas gerados na bacia de drenagem, correspondentes aos caudais de origem estritamente doméstica, comercial e industrial.

A secção transversal dos colectores não deve ser reduzida de montante para jusante, pois pode provocar problemas de obstruções. Em Portugal, segundo o Decreto-Regulamentar n.º 23/95, a secção de um colector nunca pode ser reduzida para jusante.

Para além disso, deverá ser garantida a capacidade de auto-limpeza dos colectores, permitindo que o escoamento tenha capacidade de transporte de sedimentos que se acumulam nas horas de caudais mais baixos, definindo velocidades médias mínimas de escoamento. A velocidade de escoamento para o caudal de ponta, no início de exploração, não deve ser inferior a 0,6 m/s.

As áreas de depósitos são bem definidas e correspondem frequentemente a uma combinação de diferentes condições. Potencialmente, poderão ocorrer em zonas cabeceiras, a montante de confluências na rede de drenagem, em secções menos inclinadas e em zonas onde o escoamento passa por descontinuidades.

Neste processo interfere, naturalmente, a natureza dos sólidos e a densidade das partículas que atravessam a rede de drenagem. Se relativamente as partículas de tamanho muito pequeno ou de baixa densidade, estas podem permanecer em suspensão ao longo da rede de drenagem, no que diz respeito às partículas de grande densidade, é necessário ter em conta a sua velocidade de sedimentação, as forças de arrasto exercidas, os tempos de retenção e caudais de pico na rede.

Para a desobstrução de colectores são necessárias operações de limpeza por jacto de água a alta pressão, podendo atingir 30 bar, assegurando a eliminação da sujidade e de gorduras, que se acumulam

nas tubagens, podendo inclusive, eliminar raízes de vegetação que atravessem as fissuras e juntas dos colectores.

Foram recolhidos os dados relativos às obstruções no concelho, para a ano 2009, de acordo com a manutenção realizada pela empresa, nos locais onde ocorreram entupimentos nos equipamentos na rede. Pelo facto de não poder ser feita a avaliação qualitativa dos resíduos depositados, optou-se pela quantificação das obstruções, como forma de análise deste processo na rede.

Quadro 5. 6 - Total de obstruções na rede de saneamento ao longo do ano.

<b>Número de obstruções em Colectores na Rede em 2009</b>												
<b>Mês</b>	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Nº</b>	45	29	33	32	43	39	39	46	37	37	32	38

Analisando o quadro 5.6, constata-se que nos meses de Janeiro, Maio e Agosto o número de desobstruções foi mais elevado, consequência das condições de pluviosidade ocorridas ao longo do ano e do tipo de afluências registadas. No que diz respeito aos restantes meses, o número de obstruções foi relativamente uniforme, analisando os valores acima referidos.

Em suma, verifica-se um total de 450 obstruções em colectores, na rede de drenagem de águas residuais em Valongo, no ano 2009.

Analisando as consequências, para o meio ambiente, da acumulação de resíduos em colectores, pode-se verificar as seguintes situações nos seguintes domínios:

- Obstrução das secções do escoamento, alteração da rugosidade e redução da capacidade hidráulica, promovendo o aumento da entrada em carga, inundações e descargas;
- Acumulação de poluentes nos sedimentos, criando focos de grande toxicidade;
- Aumento das cargas poluentes, associadas aos sedimentos nas descargas para o meio receptor e aumento da frequência e volume das descargas, por redução da capacidade hidráulica do sistema;
- Aumento da corrosão, devido à acção do ácido sulfúrico, resultante da formação de sulfuretos de hidrogénio;
- Maiores operações de manutenção, relacionados com a limpeza dos colectores;

Calculando os custos resultantes da ocorrência deste processo, foram tidos em conta os tipos de equipamentos de limpeza necessários, nomeadamente, o Camião de Limpeza e Tractor Desobstrutor, e o tempo de desobstrução necessária para a resolução do problema na rede. Assim, obteve-se um custo total de 85689 euros, em operações de desobstrução de colectores na rede de drenagem, em 2009

#### 5.4.3.3. Quantidade de resíduos sólidos e semi-sólidos produzidos na ETAR

A produção de resíduos tem vindo a aumentar devido ao desenvolvimento populacional e ao consequentemente aumento dos volumes de efluentes tratados. As águas que foram utilizadas em



actividades domésticas, industriais ou agrícolas e que contêm uma grande variedade de resíduos, são sujeitas a tratamentos que removem os poluentes e materiais sólidos, para que as águas residuais tratadas sejam devolvidas ao meio receptor, em condições apropriadas.

Os principais resíduos e de maior impacto ambiental são as lamas, gradados e areias produzidas nas ETAR, os quais são encaminhados para aterro sanitário ou para valorização agrícola, como soluções mais recorrentes. Será importante, identificar e quantificar todas as substâncias produzidas após a passagem pelos processos de tratamento.



Figura 5. 9 – Lamas em processos de tratamento [34] e ETAR Campo em Valongo.

Na figura 5.9 são apresentadas imagens representativas dos processos de tratamento dos caudais residuais afluentes, para posterior encaminhamento das águas residuais convenientemente tratadas, para o meio ambiente receptor.

Em termos genéricos, deve-se garantir que as lamas, antes da sua aplicação final, sejam preferencialmente estabilizadas, com o objectivo de reduzir o seu poder de fermentação, responsável pela produção de gases e odores. Para além deste aspecto, devem igualmente ser reduzidas em volume, para facilitar o seu manuseamento, transporte, armazenamento ao serem purificadas, para eliminar o máximo de microrganismos patogénicos e elementos tóxicos presentes na matéria.

Foram recolhidos os dados de todos os resíduos produzidos, em cada uma das estações de tratamento do concelho, de modo a se quantificar a produção de resíduos sólidos e semi-sólidos produzidos no concelho.

Assim, foram tidos em conta a produção de gradados, gorduras, areias e lamas, provenientes do tratamento de águas residuais urbanas. As Águas de Valongo SA efectuam, actualmente, uma separação dos resíduos, para posterior deposição final dos resíduos.

Na ETAR de Campo, em 2009, tratou-se um volume total de 5.694.947 m<sup>3</sup> de água residual, para posterior rejeição no Rio Ferreira. No caso da ETAR de Ermesinde, para o mesmo período, trataram-se 3.587.710 m<sup>3</sup> de água residual, para rejeição no rio Leça. Estes valores resultaram num volume total de 9.282.657 m<sup>3</sup> tratados na rede.

Na figura 5.10, a partir dos dados recolhidos, efectuou-se a comparação anual da produção dos diferentes tipos de resíduos, em cada uma das ETAR do concelho. Para cada tipo de resíduo, é apresentado o valor de produção anual, como termo de comparação, entre cada uma das instalações existentes no concelho.



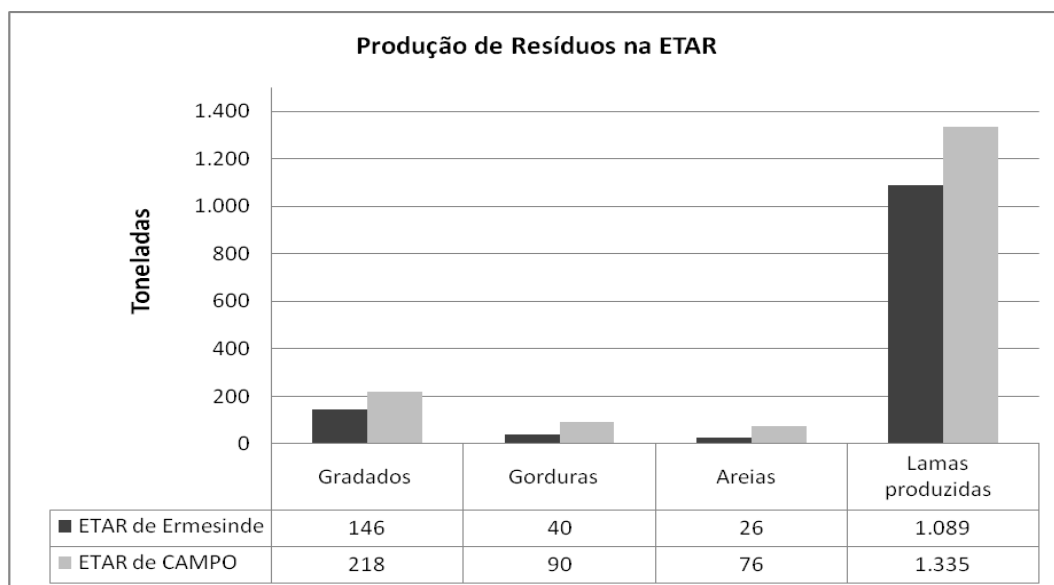


Figura 5. 10 - Comparação anual dos resíduos produzidos nas duas ETAR do concelho.

Analisando a figura 5.10, observa-se que a ETAR de Campo produz as maiores quantidades de resíduos, resultado da maior afluência registada nesta parte da rede. Especificando a quantidade de resíduos produzidos na ETAR, relativamente aos gradados, gorduras e areias, a produção é quase o dobro na ETAR de Campo. Em relação à produção de lamas, a sua produção é ligeiramente superior, atingindo 1.335 toneladas, relativamente às 1.089 toneladas produzidas na ETAR de Ermesinde.

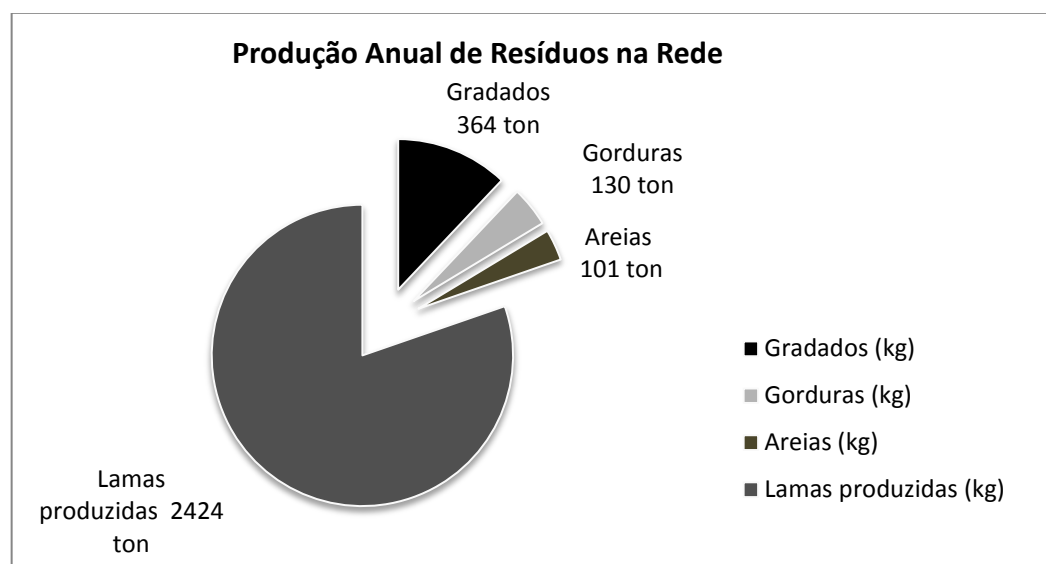


Figura 5. 11 - Produção anual de resíduos na rede.

Visualizando a figura 5.11, onde se apresentam os valores totais dos resíduos produzidos na rede de drenagem, verifica-se a predominância das lamas relativamente aos restantes resíduos, atingindo mais de 80% da totalidade de resíduos produzidos na rede. No ano 2009, verificou-se a produção de 2.424 toneladas de lamas na rede em Valongo.

As medidas de gestão encontradas, não devem, obviamente, gerar impactos ambientais negativos no meio ambiente. Neste caso, como em muitos outros, a reutilização ou a reconversão em produtos utilizáveis noutras actividades é umas das soluções de gestão preferíveis, no entanto, os elevados custos de transporte, ou o facto de estarem contaminados por metais pesados, poderá inviabilizar essas soluções.

As gorduras foram recolhidas e tratadas pela empresa gestora de resíduos – AUTOVILA – Reciclagem de Resíduos industriais, SA e/ou CORREIA & CORREIA que procedem à sua estabilização química e posterior deposição em aterro. As areias foram depositadas no aterro da RESAT ou da RIMA. As lamas foram encaminhadas para valorização agrícola, compostagem e aterro.

Na produção de resíduos na rede, foram calculados os custos resultantes, nomeadamente, os custos de transporte dos resíduos produzidos nas ETAR do concelho. Estes valores pagos à empresa REVOLTA - Valorização de Resíduos, SA, resultaram num custo unitário de 77,10 euros/ tonelada, para transporte das lamas produzidas. O custo unitário para valorização agrícola situou-se nos 8,3 euros/tonelada.

Destaque para os valores limites de metais pesados, compostos orgânicos, dioxinas e agentes patogénicos. A quantidade aplicada, estabilidade e a sua qualidade devem ser alvo de atenção, bem como, a rentabilidade associada aos custos de poupança na sua aplicação.

Em relação aos outros resíduos, o transporte e tratamento efectuado pelas Empresas AUTOVILA – Reciclagem de Resíduos industriais, SA e C&C CORREIA & CORREIA, Lda, resultou num custo unitário de 97 euros/ tonelada.

Portanto, pelo facto da gestão dos resíduos pertencer a outras entidades gestoras, foi tido em conta o valor pago pelas Águas de Valongo SA às empresas gestoras acima referidas, resultando num custo anual de 250000 euros, em 2009.

#### 5.4.3.4. Quantidade Consumo de Energia

Segundo as tendências de aumento de volume de efluente nas redes de saneamento, a perspectiva do aumento do consumo de energia eléctrica, tem conduzido as entidades gestoras das redes de drenagem e tratamento de águas residuais a avaliar para tratamento dos efluentes, a conservação de energia e geração de energia renovável.

Entre os aspectos, que originaram este aumento significativo do consumo energético, salientam-se os seguintes factores:

- Deterioração crescente e envelhecimento progressivo destas redes;
- Aumento do efluente tratado nas estações de tratamento;
- Necessidade crescente de estações elevatórias de água residuais;
- Aumento anual do preço da energia;

Examinando os vários consumos energéticos presentes na rede, foram recolhidos os consumos energéticos mensais, das estações elevatórias a operar no concelho e dos processos de tratamento das águas residuais nas ETAR do concelho. Estes últimos representam grande parte do consumo total de energia na rede e devem ser quantificados, para avaliação e caracterização económica dos custos de energia resultantes.

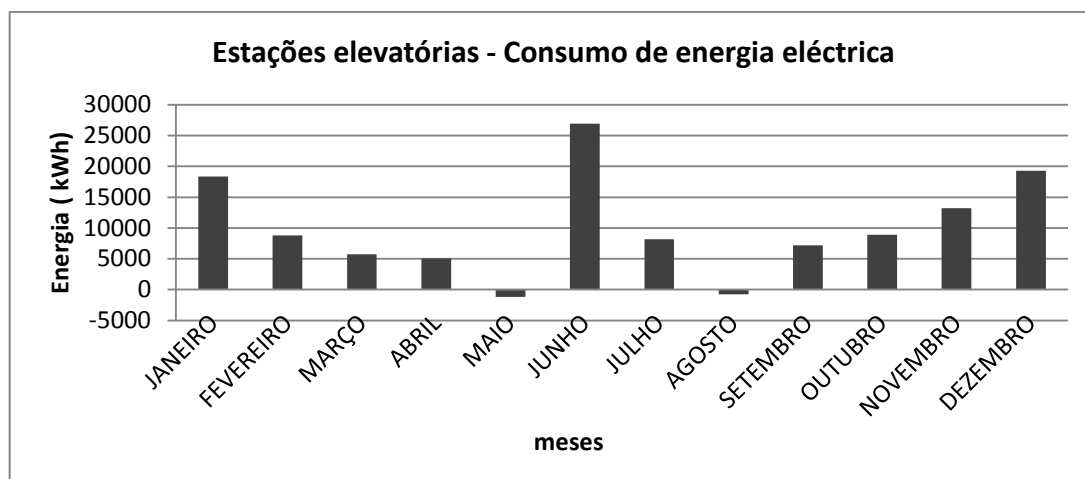


Figura 5. 12 - Consumo energético nas estações elevatórias da rede de Valongo.

Analisando a figura 5.12, observa-se as grandezas dos consumos energéticos facturados, resultantes das operações de elevação de efluentes, na rede de drenagem de águas residuais. Constata-se, que os meses de maiores consumos são os meses de Janeiro, Junho e Dezembro. Em contraste, verifica-se que nos meses de Maio e Agosto, o consumo foi quase nulo no ano 2009. Por último, observa-se ainda uma simetria de gastos energéticos relativamente ao primeiro e segundo semestre no ano 2009.

Estes valores resultaram da elevação de 1.011.612 m<sup>3</sup> de efluente total bombeado, nas 25 estações elevatórias do concelho de Valongo.

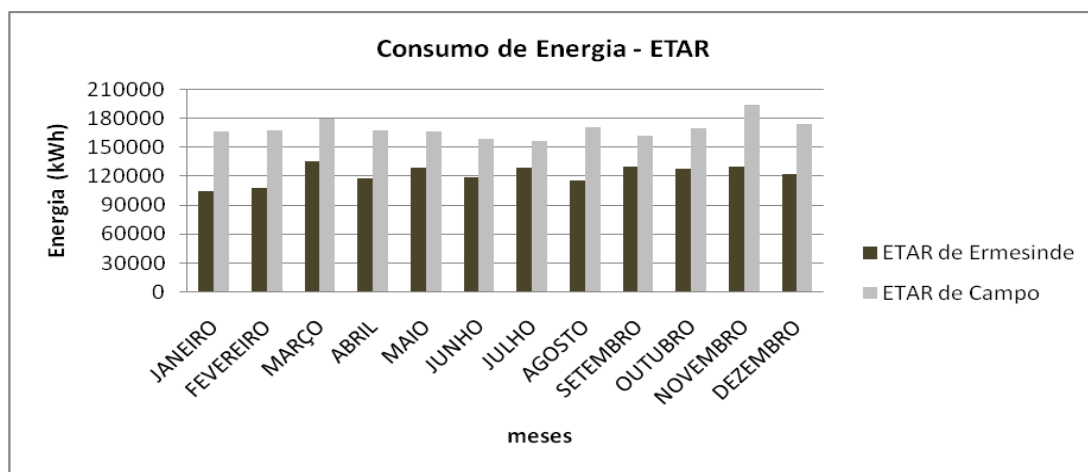


Figura 5. 13 - Consumo Energético na ETAR de Ermesinde e de Campo.

Analisando a Figura 5.13, visualiza-se que os maiores consumos energéticos provêm da ETAR de Campo, relativamente à ETAR de Ermesinde. Verifica-se igualmente, uma uniformidade de valores ao longo do ano, com pouca variância dos consumos em cada uma das ETAR, nos diferentes meses. Por além destes aspectos, constata-se uma diferença mais ou menos constante, entre os consumos mensais, em cada uma das ETAR do concelho.

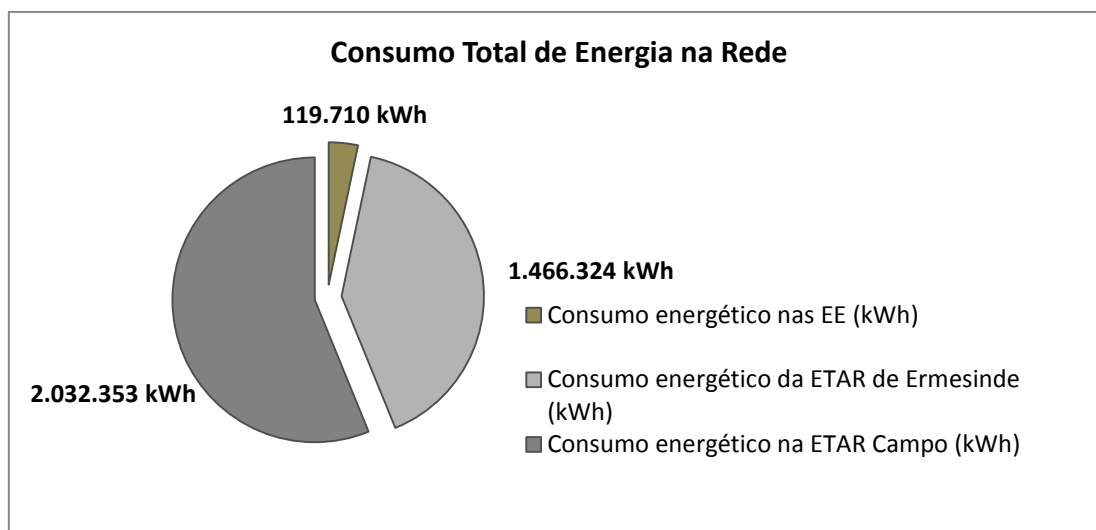


Figura 5. 14 - Comparação entre os consumos das EE e da ETAR de Campo e Ermesinde.

Na figura 5.14 apresenta-se uma abordagem geral e comparativa dos diferentes consumos de energia eléctrica na rede. Saliente-se, as enormes diferenças de valores entre cada um dos consumos, nomeadamente, nos associados às estações elevatórias, que apenas comportam 3 % do consumo global de energia, 41% dizem respeito à ETAR de Ermesinde e os restantes 56% à ETAR de Campo.

Em termos gerais, no ano 2009, verificou-se um consumo total de 3.498.677 kWh de energia eléctrica em estações de tratamento de águas residuais do concelho de Valongo. No total, verificou-se, um consumo de 3.618.387 kWh na rede de drenagem e tratamento de águas residuais. Relativamente ao consumo específico, este valor situou-se nos 0,26943 kWh/m<sup>3</sup>.mca.

Não foram considerados os consumos de gasóleo e gasolina, associados às viaturas da frota automóvel, pela circunstância de se optar, apenas, por uma abordagem ao consumo energético das instalações presentes no concelho.

Numa óptica de eficiência energética, segundo os valores anteriormente apresentados, apresentam-se várias medidas, que poderão permitir uma economia significativa nos custos em energia eléctrica adquirida à rede pública:

- Passagem do sistema tarifário para SENV;
- Substituição de bombas elevatórias com maior eficiência;
- Instalação de Sensores de funcionamento e variadores electrónicos de velocidade;
- Colocação de baterias de condensadores em várias instalações que permitirão efectuar a compensação de energia reactiva nas instalações;
- Controlo horário nas EE do sistema de drenagem de águas residuais, de acordo com os níveis de actuação dos equipamentos;
- Implementação de sistemas baseados em energias renováveis, caso o retorno do investimento seja compensatório relativamente ao previsível investimento;

O equipamento electromecânico de uma estação de bombagem ou de tratamento de águas residuais deve ser resistente à acção da corrosão, as intempéries, robusto e funcional. Antes do arranque da estação, deverá ser sujeito a testes, de forma a avaliar o seu desempenho e poderem-se efectuar as necessárias afinações e optimizações.

No quadro 5.7 são apresentados os custos resultantes dos consumos energéticos, em instalações de bombagem e tratamento de águas residuais.

Quadro 5. 7 - Consumos energéticos totais e respectivos custos.

	<b>Consumo Energético (kWh)</b>	<b>Custo Anual (euros)</b>
Bombas das EE	119.710	18.000
EE ETAR Campo	2.032.353	150.000
EE ETAR Ermesinde	1.466.324	115.000
<b>Total</b>	<b>3.618.387</b>	<b>283.000</b>

De acordo com os valores apresentados, observa-se a dimensão dos custos energéticos das ETAR do concelho, relativamente às estações elevatórias, resultando num custo anual de energia eléctrica de 283000 euros.

Um estudo rigoroso da poupança energética e dos benefícios a longo prazo, em termos de custos para a rede, deverá ser feito, pela importância do consumo energético, visto que para além de ter grande impacto ambiental, comporta grandes custos energéticos para as entidades que gerem os sistemas, necessitando de medidas economicamente sustentáveis.

#### 5.4.3.5. Estado de conservação dos materiais – Avarias

O diagnóstico estrutural tem como principal finalidade, avaliar o estado do sistema de drenagem, do ponto de vista físico, caracterizando as patologias de natureza estrutural e funcional.

Os procedimentos de manutenção do sistema de drenagem dizem respeito, fundamentalmente, a intervenções de reparação ou de substituição de componentes, como por exemplo, elementos estruturais das câmaras de visita, reparação e renovação de colectores e intervenções em grupos elevatórios na rede.

Como forma de avaliação do sistema, torna-se necessário, efectuar uma recolha de informação, para percepção das deficiências existentes ou de ocorrência imprevisível, ao longo do tempo, verificadas na rede.

Nesta análise é indispensável obter informação actualizada sobre as infra-estruturas existentes, incluindo o seu estado funcional e de conservação. Poderá ser importante, complementar os elementos de cadastro, muitas vezes insuficientes e desactualizados, com inspecções de campo à rede para verificação *in situ* das anomalias existentes.

Procurou-se, de uma forma elucidativa, apurar as deficiências estruturais existentes na rede de drenagem em Valongo, no sentido de demonstrar os potenciais efeitos de imperfeitas práticas de manutenção.

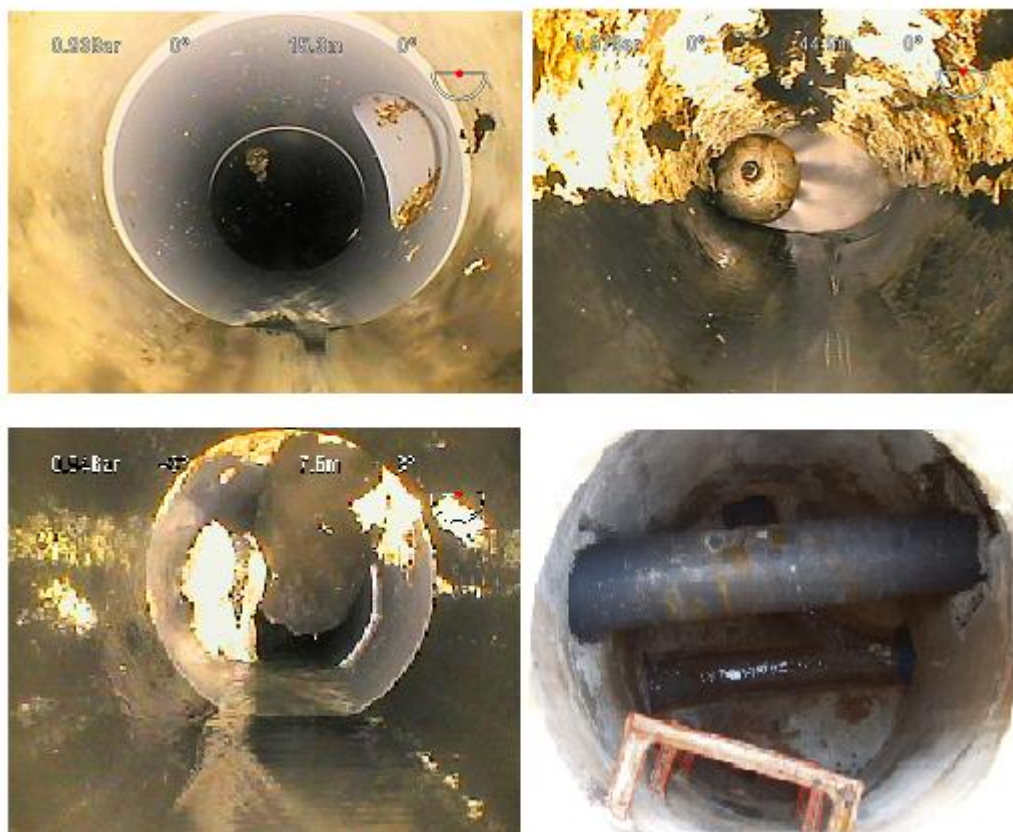


Figura 5. 15 – Exemplos de imagens ilustrativas de problemas estruturais na rede de Valongo.

Na figura 5.15 são apresentados exemplos de problemas estruturais existentes na rede. Entre os problemas demonstrados, evidenciam-se deformações em colectores, reduções da sua secção do escoamento, atravessamento de ramais em colectores e caixas de visita com problemas estruturais de estanqueidade.

As condições de inspecção devem ser as mais adequadas a uma percepção real das principais deficiências existentes, com garantia de cumprimento de critérios de segurança do funcionamento da rede e cumprimento da legislação ambiental.

Outra forma directa de identificação das anomalias poderá advir das reclamações de utentes da rede pelos problemas causados. Estes problemas devem ser solucionados de uma forma eficiente e completa, para mitigação dos impactos sobre as populações servidas por serviços de saneamento.

Para além desta identificação visual das anomalias, foi feito ainda uma caracterização quantitativa do número de avarias na rede, no sentido de avaliar o estado de conservação dos equipamentos. Todos os valores apresentados dizem respeito a avarias verificadas no sistema, nas práticas de manutenção e exploração, efectuadas pela empresa Águas de Valongo.

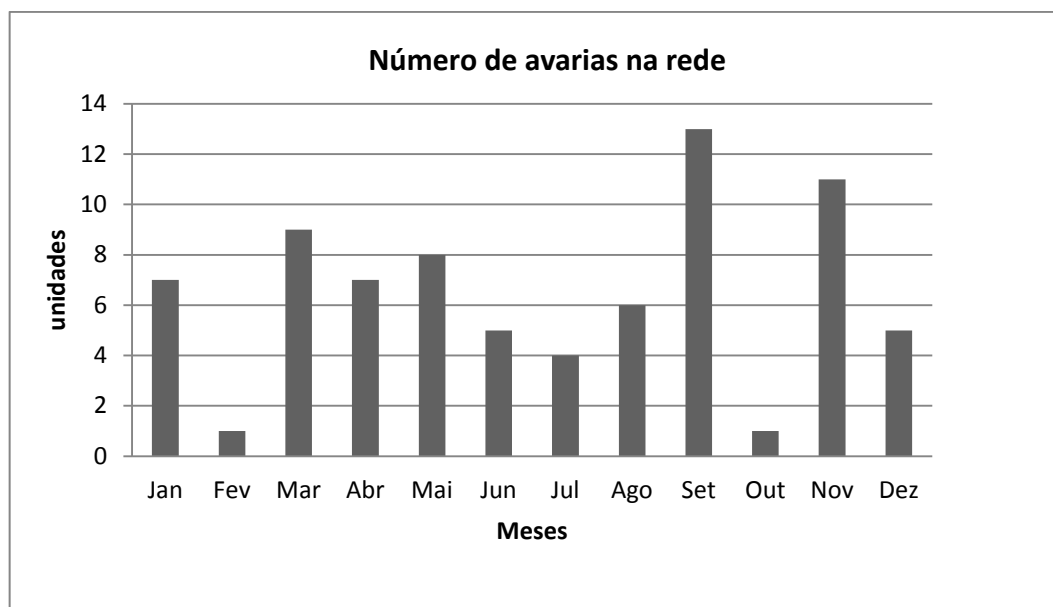


Figura 5. 16 - Número de avarias na rede de drenagem em 2009

Analisando a figura 5.16, visualiza-se uma grande variação do número de avarias na rede ao longo do ano. Nos meses de Março, Setembro e Novembro ocorreram o maior número de avarias na rede. Por outro lado, nos meses de Fevereiro e de Outubro, o número de avarias foi quase nulo, como se pode comprovar pela análise do gráfico. Em 2009, verificou-se um total de 77 avarias na rede de drenagem de águas residuais em Valongo.

Integrando estes valores em custos de reparação na rede, foi feita uma avaliação dos meios necessários e equipamentos afectos a estas intervenções. Assim, resultou num custo de 10693 euros em equipamentos electromecânicos e tubagens e 6235 euros na pavimentação e movimentação de terras. No total, obteve-se um custo anual de 16928 euros, em reparações na rede de drenagem em Valongo.

#### 5.4.3.6. Septicidade

Em colectores de águas residuais com escoamento em superfície livre, de pequeno diâmetro, não se verificando condições de auto-limpeza, poderá ocorrer, em regra, a septicidade e a formação de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), o que pode ocasionar odores desagradáveis e corrosão dos materiais nos sistemas de drenagem.

Em Portugal, existem regiões onde a temperatura média de verão é bastante alta e onde, frequentemente, se escoam, nos sistemas de drenagem, água residual com elevada concentração de matéria orgânica. Estas circunstâncias, associadas à reduzida energia gravítica disponível para se processar o escoamento (zonas planas ou com pequenos desníveis topográficos) e a tempos de retenção elevados no interior do sistema, tornam provável a ocorrência de septicidade, [35].

À medida que o tempo de percurso aumenta, elevam-se as taxas de consumo de oxigénio no interior da massa líquida e reduzem-se, geralmente, as condições de rearejamento. Este facto potencia, quando ocorrem as primeiras chuvas após uma prolongada época de estiagem, a afluência à estação de tratamento, de elevadas cargas poluentes, [36].

Assim, a septicidade poderá ser potenciada com o aumento da temperatura, presença de cargas orgânicas elevadas e de compostos químicos reduzidos, que conduzem à diminuição do oxigénio dissolvido e contribuem para a produção de sulfuretos.

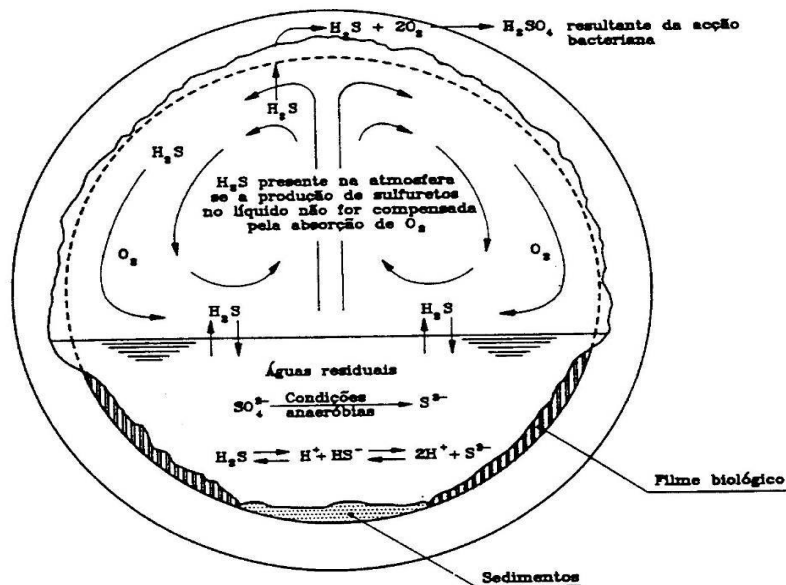


Figura 5. 17 - Esquema ilustrativo da formação, libertação e oxidação do ácido sulfídrico em colectores, [32].

Na figura 5.17 apresenta-se um esquema, que ilustra a formação de sulfuretos nos sistemas de drenagem de águas residuais. A ocorrência de sulfuretos em sistemas de drenagem encontra-se, essencialmente, relacionada com a hidrólise de proteínas ou com a redução bioquímica do ião sulfato, levada a cabo na ausência de oxigénio livre e na presença de matéria orgânica. Este processo tem lugar, quando na massa líquida se verificam condições anaeróbias, [35].

No âmbito da metodologia proposta, foi objectivo, a estimativa dos gases tóxicos libertados para a atmosfera, mas pela dificuldade implícita de abordagem teórica do processo, não foi possível quantificar este processo ambiental. Portanto, apenas se terá em conta, uma abordagem genérica do processo em causa e a procura de soluções mitigadoras, que respondam eficientemente contra a ocorrência deste processo nos sistemas de drenagem de águas residuais.

Entre os potenciais locais críticos, onde poderá ocorrer a septicidade nos sistemas de drenagem de águas residuais, salientam-se:

- Colectores com atmosfera mal ventilada, a montante e a jusante dos sifões invertidos, estações elevatórias;
- Caixas de Visita em que são rejeitados afluentes industriais;
- Caixas de visita, onde aflua água residual transportada sob pressão;
- Colectores onde o escoamento se processe com elevada turbulência;
- Espaços cobertos, porventura mal ventilados, em contacto com a massa líquida;



Nestes locais preferenciais devem ser motivo de análise, para o seu controlo, diversas medidas preventivas por parte das entidades que gerem os sistemas, para que as condições hidráulicas - sanitárias criem baixos impactos para o meio ambiente e para os órgãos de drenagem, relativamente às suas condições estruturais. Entre estas medidas, salientam-se:

- Adição de produtos químicos à massa líquida, tais como, peróxido de hidrogénio, cloro, nitratos, etc;
- Injecção de ar ou, eventualmente, oxigénio dissolvido, nos pontos baixos dos sifões invertidos, em locais onde as condições de velocidade do escoamento, pressão e turbulência sejam suficientes para garantirem o processo de oxidação dos sulfuretos;
- Garantir que a velocidade do escoamento fornece suficiente capacidade de transporte de sólidos, desde o início do funcionamento do sistema;
- Ventilação dos sistemas;
- Utilização de quedas nos trechos de montante, onde o efluente ainda será pouco séptico
- Minimização da turbulência nos trechos de jusante, onde o efluente já poderá estar séptico;

Na inspecção e limpeza nos locais propícios à ocorrência de septicidade, terão que ser tidas em conta, medidas de segurança nos sistemas, uma vez que em concentrações elevadas o gás sulfídrico pode tornar-se, pelos aspectos anteriormente referidos, muito problemática para os sistemas de drenagem de águas residuais. Pelo facto de não ter sido possível quantificar este processo, não foi possível obter conclusões sobre este processo, o que envolveria um estudo mais exaustivo e complexo.

#### 5.4.3.7. Descargas não controladas para o meio receptor

Este processo ocorre, quando a capacidade do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais é atingida, devido às elevadas afluências de efluentes à rede. Esta situação pode dever-se à existência de elevadas afluências indevidas de caudais de infiltração, níveis elevados de assoreamento, fracturas e obstruções nos colectores, avarias de instalações elevatórias ou à falta de capacidade do sistema para escoar o caudal necessário, necessitando de uma precisão adequada para o seu dimensionamento inicial.



Figura 5. 18 – Exemplos de descargas não controlada de águas residuais na rede, [37].

A ocorrência deste tipo de descargas deve ser considerada inaceitável, uma vez que as águas residuais domésticas transportam elevadas cargas poluentes, podendo constituir graves problemas para o meio ambiente. Nos quadros 5.8 e 5.9 são feitas as quantificações dos volumes de efluentes descarregados sem tratamento, na ETAR de Campo e na ETAR de Ermesinde, respectivamente.

Quadro 5. 8 - Volumes tratados, descarregados e respectiva pluviosidade na ETAR de Campo.

ETAR de Campo			
Mês	Volume Tratado (m <sup>3</sup> )	Pluviosidade (mm)	Volume descarregado S/ tratamento (m <sup>3</sup> )
Janeiro	722.949	444	342.949
Fevereiro	603.421	11	223.421
Março	480.237	1	100.237
Abril	414.529	35	34.529
Maio	376.325	40	-
Junho	366.928	260	-
Julho	345.971	90	-
Agosto	324.795	70	-
Setembro	284.001	6	-
Outubro	383.562	147	3.562
Novembro	577.724	243	197.724
Dezembro	814.505	673	434.505
<b>Total</b>	<b>5.694.947</b>	<b>2020</b>	<b>1.336.927</b>

Quadro 5. 9 - Volumes tratados, descarregados e respectiva pluviosidade na ETAR de Ermesinde.

ETAR de Ermesinde			
Mês	Volume Tratado (m <sup>3</sup> )	Pluviosidade (mm)	Volume descarregado S/ tratamento (m <sup>3</sup> )
Janeiro	390.730	444	61.772
Fevereiro	374.280	11	76.063
Março	321.936	1	14.395
Abril	278.125	35	13.973
Maio	278.547	40	6.345
Junho	267.722	260	13.253
Julho	246.654	90	1.899
Agosto	222.156	70	3.056
Setembro	224.869	6	23.699
Outubro	254.226	147	19.339
Novembro	295.669	243	46.107
Dezembro	432.796	673	138.422
<b>Total</b>	<b>3.587.710</b>	<b>2.020</b>	<b>418.323</b>

No total, tendo em conta os valores anuais da ETAR de Campo e de Ermesinde, o volume total descarregado sem tratamento nos meios receptores foi de 1.755.250 m<sup>3</sup> para o ano 2009.

As descargas para o meio receptor dos sistemas de drenagem urbana [32] podem ser provenientes das seguintes situações:

- Sistemas separativos pluviais,
- Excedentes de sistemas unitários por ocorrência de precipitação;
- Descargas de águas residuais brutas ou não convenientemente tratadas;

Pese embora se trate de impactos pontuais, estes podem causar danos graves nos sistemas de tratamento, nomeadamente, se atingirem os processos de tratamento, originando a entrada em carga do sistema.

Torna-se importante, no que diz respeito à qualidade da água, cumprir os valores limites de emissão e características químicas dos efluentes descarregados no meio receptor, descrevendo, quando possível, qualitativa e quantitativamente a descarga no meio receptor.

As Águas de Valongo SA têm obrigatoriamente por lei, que efectuar o auto controlo da descarga de águas residuais, de modo a cumprir todos os parâmetros de descarga. Nesta análise, apenas se afectou a quantificação deste processo, devido haver falta de dados em relação à caracterização qualitativa das descargas ocorridas em 2009.

Embora fosse o desejado, esta avaliação refere-se apenas às descargas nas ETAR, não sendo considerado as descargas não controladas nas Estações Elevatórias, quando o sistema entra em carga e o efluente é descarregado sem qualquer tipo de tratamento para o solo. Esta quantificação não foi possível, devido há falta de dados disponíveis, condicionando a análise pretendida.

Campanhas de sensibilização e a fiscalização junto dos utentes da rede de drenagem de águas residuais poderão ser, regra geral, o melhor meio para evitar a afluência aos sistemas de elevação e de tratamento de águas residuais domésticas de grandes volumes, pois poderão potenciar descargas excedentes, visto ter consequências no funcionamento da rede e no impacto sobre as ETAR do concelho.

## 5.5. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

A avaliação do desempenho é um processo ou uma ferramenta utilizada para fornecer informação credível, de forma a se poder avaliar os sistema de acordo com os processos envolvidos e os aspectos analisados na rede de drenagem e tratamento de águas residuais,

Este indicadores são fundamentais, no sentido de converter os dados envolvidos, em informação relevante para outros tipos de análise, contribuindo para a optimização do sistema e melhoria da eficiência e eficácia do funcionamento e exploração do sistema.

Assim, para que se crie um sistema coerente de avaliação dos níveis de serviço, através da utilização de adequados indicadores de desempenho, é necessário avaliar os dados disponíveis tendo em atenção o tipo de informação pretendida.

Para isso, foi seleccionado entre os indicadores de gestão, de pessoal, financeiros, físicos, operacionais, ambientais e de qualidade do serviço fornecidos pelo ERSAR, os indicadores compatíveis ao tipo de análise envolvida.

A eficiência mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados, de modo a optimizar a produção do serviço (por exemplo maximizando a sua prestação utilizando o mínimo de recursos disponíveis, possivelmente, recursos naturais). A eficácia mede até que ponto os objectivos de gestão, declarados ou requeridos, tais como níveis de serviço (definidos de forma específica e realista) foram cumpridos,[38] .

Os indicadores de desempenho constituem assim um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação, que de outro modo seria mais complexa e subjectiva.

Os indicadores de desempenho escolhidos são tipicamente expressos por ratios entre variáveis. Tendo em conta os dados produzidos, alguns indicadores são adimensionais (por exemplo em %) e outros são intensivos (por exemplo em €/m<sup>3</sup>). A cada indicador corresponde uma regra de processamento, especificando os dados necessários ao cálculo, a unidade em que devem ser expressos e a respectiva combinação algébrica. Os dados para cálculo dos indicadores podem ser gerados e controlados directamente pela entidade gestora ou gerados externamente por outras entidades, [39].

Na figura 5.19 são apresentadas as seis categorias de desempenho que estão codificadas para identificação dos indicadores de desempenho, no guia técnico - Indicadores de desempenho para os serviços de águas residuais fornecido pelo ERSAR, [38].

	Código	
Indicadores de desempenho	wEn	Indicadores ambientais
	wPe	Indicadores de recursos humanos
	wPh	Indicadores físicos
	wOp	Indicadores operacionais
	wQS	Indicador de qualidade de serviço
	wFi	Indicadores económicos e financeiros

Figura 5. 19 - Estrutura dos indicadores de desempenho, [38].

Este sistema de avaliação da qualidade do serviço em águas residuais baseia-se num trabalho conjunto entre o IRAR e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), com vista a definição de uma metodologia de avaliação, através de um conjunto de indicadores de desempenho. Este sistema constitui um subconjunto de um sistema de avaliação mais vasto, desenvolvido no âmbito da IWA (International Water Association), tendo este Instituto editado com o LNEC as versões portuguesas dos respectivos manuais, [39].

Saliente-se as adaptações feitas pelo IRAR, com base no sistema da IWA, em particular, com o objectivo de protecção dos interesses dos consumidores através da promoção da qualidade de serviço prestada pelas entidades gestoras. O sistema contempla 20 indicadores para cada um dos sectores das actividades, designadamente, abastecimento de água, saneamento de águas residuais urbanas e resíduos sólidos urbanos. Estes indicadores são aplicados com uma periodicidade anual, sendo os resultados posteriormente divulgados no RASARP, no sentido de se poder avaliar o desempenho de cada entidade gestora, comparando-as nos diversos factores de contexto, [40]

Entre os indicadores de maior importância, salientam-se os indicadores de qualidade de serviço e os indicadores económicos e financeiros pela implicância directa na actividade económica e de serviço nas entidades gestoras. Nesta dissertação, para além destes aspectos, irá se ter em conta outros indicadores, designadamente, os indicadores operacionais e ambientais, que pela sua importância na análise envolvida, poderão auxiliar a gestão do sistema e potenciar a criação de medidas de optimização baseadas no seu resultado.

Entres as aplicações dos indicadores de desempenho aos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, salientam-se as seguintes:

- Identificação de oportunidades de melhoria;
- Identificação de pontos fortes e fracos de unidades operacionais, ou de sectores regionais da organização, evidenciando necessidades de melhorias de produtividade, de implementação de procedimentos e de rotinas de trabalho;
- Custos e benefícios financeiros;
- Verificação da conformidade com os requisitos legais e regulativos, entre outros;
- Avaliação da performance ambiental do sistema e dos processos interventivos nas redes de drenagem e tratamento de águas residuais;
- Apoio às actividades de estruturação e de planeamento estratégico das entidades gestoras;
- Incentivo a boas práticas de monitorização e de processamento de dados

A implementação de um sistema de indicadores de desempenho deve ser orientada para os objectivos pretendidos, de modo a reflectir directamente as conclusões pretendidas com a sua utilização. A existência de indicadores de desempenho neste domínio poderá igualmente ser considerada num sistema de avaliação de desempenho ambiental da exploração do sistema.

No entanto, na utilização de indicadores de desempenho poderá surgir algumas limitações, nomeadamente, no que se refere a alguma falta de informação que poderá surgir para cálculo dos indicadores e, após a sua quantificação, a sua comparação com valores de referência, especialmente no domínio ambiental.

Para além disso, no sector das águas residuais urbanas, a escolha de indicadores de desempenho é dificultada pela grande diversidade de meios tecnológicos existentes, bem como pela dimensão das instalações e equipamentos, a natureza diversificada das entidades gestoras e os requisitos exigidos aos diversos sistemas existentes.

Os procedimentos de selecção dos indicadores de desempenho também incluem a consideração e a especificação do período de tempo a que reportam os dados. Neste trabalho, visto a informação reportar ao ano 2009, todos indicadores terão como referência um período de referência anual, tendo em conta os dados de exploração disponibilizados pela empresa Águas de Valongo SA.

Os indicadores podem reflectir diferentes tipos de dados, que pelas unidades apresentadas poderão levar a diferentes tipos de considerações, nomeadamente:

- Absolutos – número absoluto, sem ligação a outras grandezas;
- Relativos – informação a interpretar com base noutra informação, relacionado dois parâmetros absolutos;
- Percentuais – Informação a interpretar com base num aumento ou decréscimo percentual em relação a um período de referência;

#### 5.5.1 INDICADORES DE DESEMPENHO PROPOSTOS

Apresenta-se de seguida uma proposta de avaliação do sistema de drenagem de águas residuais, com os indicadores de desempenho mais relevantes para caso em estudo. Note-se, que a escolha dos indicadores foi baseada no estudo anteriormente feito, dos processos intervenientes numa rede, que para além de terem implicância na exploração e manutenção do sistema, poderão ter consequências para o meio ambiente.

Os indicadores seleccionados incidem fundamentalmente sobre o funcionamento da rede e as infra-estruturas ETAR, e não sobre os aspectos relacionados com os Recursos Humanos, Qualidade de serviço e aspectos económico-financeiros, pelo facto de não abranger o âmbito desta dissertação.

O objectivo central da introdução destes conceitos é procurar uma estratégia de melhoria contínua do desempenho da rede de drenagem de águas residuais em Valongo, considerando não só os diversos aspectos relativos ao seu funcionamento, como também, o seu previsível impacto nos custos resultantes dos processos intervenientes.

Os indicadores de desempenho ambientais baseiam-se, essencialmente, na frequência das descargas não controladas no meio receptor, resultando num volume de excedente que é libertado livremente sem tratamento para o solo e nos resíduos produzidos do tratamento em fim de linha, da rede drenagem e tratamento de águas residuais em Valongo. Nestes indicadores, considerou-se o volume descarregado s/ tratamento para o solo e o peso seco das lamas, gradados e areias produzidas nas ETAR, para o ano 2009.

Em relação aos indicadores de desempenho estrutural teve-se em conta, essencialmente, as potências de bombagem utilizadas no sistema de drenagem e nas ETAR do concelho, onde para isso se teve em consideração a energia consumida nas bombas e a potência nominal das bombas instaladas nas instalações de elevatórias e de tratamento.

Por fim, em relação aos indicadores operacionais, foi tido em consideração os consumos energéticos nas ETAR para o equivalente de população abrangido, os km de colectores reabilitados e o número de reparação de colectores. Para além destes aspectos, foram igualmente considerados os volumes de

infiltração superficial e subterrâneo, tendo como base a metodologia de Valongo, e o número de obstruções em colectores na rede de drenagem de águas residuais. O período de referência considerado tem a duração anual.

No quadro 5.10 são apresentados os resultados da aplicação dos indicadores de desempenho ao caso em estudo, tendo em conta os processos analisados anteriormente neste capítulo.

Quadro 5. 10 - Indicadores de desempenho aplicados ao caso de estudo – Valongo.

	Indicador de desempenho	Resultado	Unidade
Indicadores Ambientais (wEn)	<b>wEn4 – Volume de descargas de excedentes</b>	1.755.250	m <sup>3</sup> / descarregador de tempestade/ano
	<b>wEn6 - Produção de lamas em ETAR</b>	17,5	kg MS/e.p./ano
	<b>wEn14 – Remoção de gradados e areias</b>	1,4	ton/km colector/ano
Indicadores infra-estruturais (wPh)	<b>wPh8 – Potência de bombagem utilizada no sistema de drenagem</b>	5,5	%
	<b>wPh9 – Potência de bombagem utilizada em ETAR</b>	451,3	%
Indicadores operacionais (wOp)	<b>wOp18 – Consumo de energia em instalações de tratamento</b>	25	kWh/ e.p./ano
	<b>wOp21 – Reabilitação de colectores</b>	1,0	%/ano
	<b>wOp24 – reparação de colectores (incluindo juntas)</b>	23	°/100 km colector/ano
	<b>wOp31 – Ligações indevidas</b>	4.655	m3/km/ano
	<b>wOp32 – Infiltração</b>	7.284	m3/km/ano
	<b>wOp34 – Obstruções em colectores</b>	133	nº/100 km/ano

A metodologia apresentada baseia-se no conjunto de indicadores desenvolvidos num trabalho conjunto entre o IRAR e o LNEC, como já foi referido, utilizando os indicadores de desempenho para serviços de águas residuais editados em 2004, [38]. Referência para o caso, de existir actualmente uma versão mais actualizada de avaliação de indicadores de serviço de águas e resíduos, editada em Setembro de 2009. Pelo facto de apenas introduzir algumas melhorias, no sentido de lhe conferir maior rigor técnico, sem no entanto alterar o seu conteúdo, tendo em conta que os indicadores usados neste estudo são semelhantes aos apresentados no modelo mais recente, optou-se por não mudar as referências feitas ao anterior documento.

Saliente-se, que foi objectivo do estudo, a integração de outros indicadores de desempenho na avaliação de serviço ao sistema em Valongo. Optou-se por considerar apenas estes aspectos, pois nem sempre a informação de base se encontrava disponível, pelo que aqui se apresentam os valores dos indicadores nos casos em que foi possível a sua determinação.

Analisando o quadro 5.3, observa-se os resultados dos indicadores expressos nas suas unidades. A estratégia de obtenção de dados baseou-se na recolha anteriormente feita dos elementos junto da empresa Águas de Valongo SA, pelo que a fiabilidade dos dados é dependente desse aspecto.

No anexo 1 são apresentadas as tabelas, com o cálculo dos indicadores de desempenho relevantes para serviços de saneamento de águas residuais, apresentando o método de cálculo, as unidades representativas do indicador e o valor resultante da aplicação do indicador aos dados recolhidos.

Devido às limitações inerentes aos métodos do processamento da informação e ainda a inexistência de valores de referência em relação aos valores apresentados, não foi possível comparar todos os valores, de modo a interpretar o resultado do indicador. Apenas para alguns indicadores, nomeadamente, na reabilitação de colectores, reparação de colectores (incluindo juntas) e obstruções em colectores, se tornou possível comparar os resultados obtidos.

Quadro 5. 11 - Indicadores de desempenho do ERSAR aplicados ao caso de estudo.

Indicador de Desempenho		Valor de Referência
Indicadores operacionais (wOp)	wOp21 – Reabilitação de colectores	$\geq 1$ e $\leq 2$ %
	wOp24 – reparação de colectores (incluindo juntas)	$\leq 15/100$ km colector/ano
	wOp34 – Obstruções em colectores	$\leq 30/100$ Km

No quadro 5.11 são apresentados os valores de referência propostos pelo ERSAR. Tendo em conta os valores desejáveis, constata-se que apenas em relação à reabilitação de colectores, a entidade Águas de Valongo SA cumpre o intervalo de valores de referência, atingindo em 2009, 1% de reabilitação na rede total de drenagem em Valongo, respectivamente.

Em relação à reparação de colectores, o valor do indicador apresenta-se superior ao valor de referência proposto, com 23 avarias/100 km colector relativamente às 30 avarias/100Km recomendáveis. Por último, analisando o resultado do indicador de obstruções em colectores, verifica-se que este valor é bastante superior ao recomendável, necessitando de medidas claras de diminuição da ocorrência na rede em Valongo, no sentido de diminuir os custos de manutenção e exploração do sistema.



A obtenção de um quadro de referência consistente, para a comparação do desempenho de entidades gestoras de sistemas de águas residuais e para identificação de áreas de actividade que necessitam de melhorias, poderá ser crucial para o desenvolvimento de medidas de optimização do sistema. Os indicadores devem ser sempre que possível, aplicáveis a entidades gestoras com diferentes características, dimensões e diferentes graus de desenvolvimento.

Para uma avaliação integrada, devem ser tidos em conta todos os pontos de vista, numa óptica de optimização do sistema para um maior desempenho possível da exploração e manutenção do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais. Assim, para cada valor de desempenho, foram identificadas as variáveis que podem traduzir, em função dos valores que tomam, os impactos nos custos resultantes.

#### 5.5.2 INTEGRAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO NA AVALIAÇÃO DOS CUSTOS

Assim, tendo em consideração os indicadores directamente ligados aos custos inerentes de exploração e manutenção das entidades gestoras, foram analisados os indicadores que potencialmente, devido ao seu desempenho, poderão contribuir para uma optimização dos custos da rede de drenagem de águas residuais em Valongo.

Quadro 5. 12 - Relação entre os indicadores de desempenho e os custos inerentes em 2009.

	<b>Indicador de desempenho</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidade</b>	<b>Relação indicador/custo</b>	<b>Custo Anual (euros)</b>
Indicadores operacionais (wOp)	<b>Consumo de energia em Instalações de Tratamento</b>	25	kWh/e.p./ano	Energia das ETAR	265.000
	<b>Reabilitação de colectores</b>	1,0	%/ano	Instalação e Materiais	
	<b>Reparação de colectores (incluindo juntas)</b>	23	n.º/100 km colector/ano	Reparação (Avarias)	16.928
	<b>Ligações indevidas</b>	4.655	m3/km/ano	Tratamento das lamas	29.919
	<b>Infiltração</b>	7.284	m3/km/ano	Tratamento das lamas	46.813
	<b>Obstruções em colectores</b>	133	n.º/100km/ano	Desobstrução em colectores	85.689

Neste caso ,apenas os indicadores de desempenho operacionais poderão ser alvo deste método, visto terem um impacto mais directo nos custos de ciclo de vida da rede. No quadro 5.12 efectua-se a

relação entre o indicador de desempenho e o custo inerente à ocorrência do processo interveniente na rede em Valongo. Tendo em atenção os valores apresentados, é necessário avaliar a relação entre o parâmetro operacional e o indicador de desempenho obtido, devido à gama de valores que os indicadores poderão ter, consoante a variação do parâmetro envolvido.

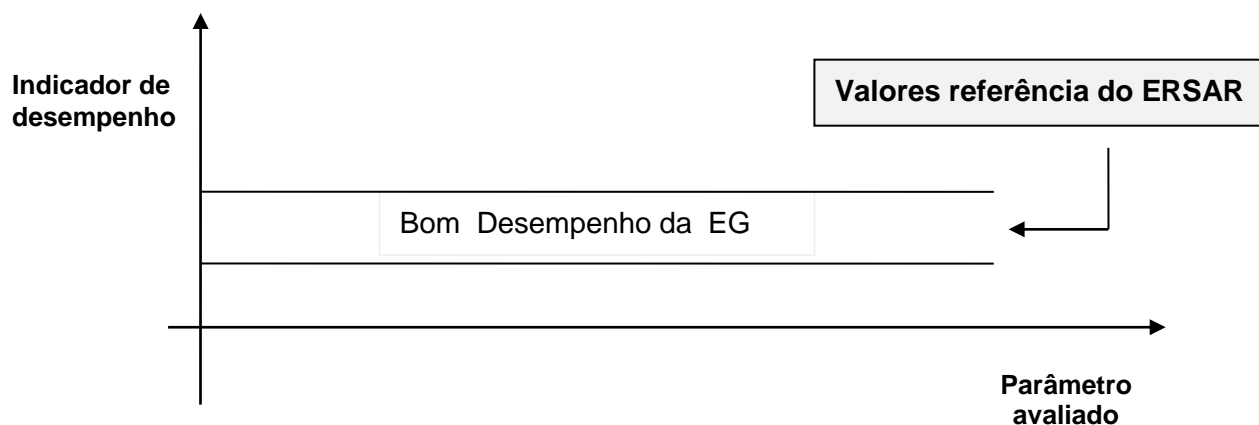


Figura 5. 20 - Função de desempenho para avaliação, tendo em conta o parâmetro envolvido – autoria própria.

Na figura 5.20 apresenta-se o esquema interpretativo da relação entre os custos e as restantes variáveis caracterizadas nos indicadores de desempenho escolhidos. A integração do valor de referência permite, numa lógica de custo/benefício, integrar o custo de poupança da optimização do sistema. Assim, poderá ser feito um estudo de viabilidade económica, tendo em consideração os indicadores de desempenho e os investimentos necessários para conseguir um determinado nível de eficiência.

Na figura 5.21 ilustra-se o método de decisão intrínseco a este estudo, auxiliando o processo de decisão no que diz respeito aos custos operacionais presentes na exploração dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.

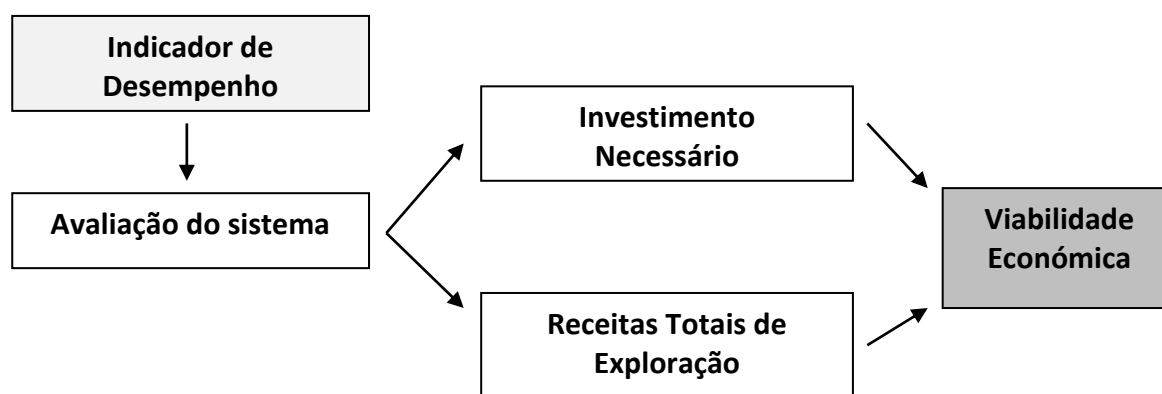


Figura 5. 21 - Método de decisão para avaliação do sistema.

De modo a complementar a metodologia apresentada, será assunto de aplicação desta metodologia, os indicadores operacionais com valores de referência, designadamente, no caso das obstruções em colectores e reparação de colectores. Para cada indicador foi calculado a poupança anual de

investimentos em manutenção, caso o indicador das Águas de Valongo SA, compreendesse a gama de valores referenciada pelo ERSAR.

- **Obstruções em colectores**

Indicador da AV- 133/100 km/ano

Custo anual para as AV – 85689 euros

Indicador de referência do ERSAR – 30/100 km/ano

Saliente-se, que este custo, apenas comporta os custos de utilização dos equipamentos, descurando os custos de mão-de-obra, pelo que o valor real será obviamente de maior dimensão. Tendo em consideração o valor do custo anual da ocorrência das obstruções na rede, foi calculado o previsível custo para a EG, caso o valor do indicador diminuísse até ao desejável, resultando em aproximadamente 102 obstruções máximas em colectores no concelho. Este valor resultaria num custo de 14047 euros. Assim, obteve-se o seguinte valor total de poupança:

$$\text{Poupança anual} = 85689 - 14047 = 71642 \text{ Euros}$$

Pelo valor obtido, deverão ser tidas em conta, medidas de optimização da ocorrência deste processo na rede em Valongo, com atenção para as receitas de exploração que poderão advir. Não será feita nenhuma referência ao investimento necessário, que contemple medidas mitigadoras em relação a este processo, pela subjectividade envolvida.

- **Reparação de colectores**

Indicador da AV- 23/100 km/ano

Custo anual para as AV – 16928 euros

Indicador de referência do ERSAR – 15/100 km/ano

Tal como referido anteriormente, nos aspectos ligados às obstruções em colectores, este custo não integra os custos de mão-de-obra. Assim, seguindo o método acima descrito, obteve-se a poupança previsível devido a uma diminuição deste indicador até o indicador de referência.

$$\text{Poupança anual} = 16928 - 11212 = 5716 \text{ Euros}$$

Neste caso, a previsível poupança de receitas de exploração em relação aos investimentos necessários seria mais baixa, necessitando de uma abordagem mais específica à compensação que poderá resultar.

É nesta lógica, que se pode ter uma abordagem, não só ao desempenho, mas também às implicações económicas para o ciclo de vida, de todos os processos intervenientes numa rede de drenagem e tratamento de águas residuais.

## 5.6. ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DA REDE DE SANEAMENTO

O projecto em análise diz respeito à rede implantada no concelho de Valongo que serve toda a sua população residente.

Procurou-se identificar os custos mais importantes e definir o peso das várias classes que constituem o cálculo de CCV do sistema. Todas as despesas, foram comparadas dentro de um ano comum, que é o ano considerado como data de base do estudo. As despesas futuras serão antecipadas a valores actuais, à data base e à data de ocorrência da despesa. Assim, poderão ser comparadas todas as despesas, obtendo-se o valor total do custo de ciclo de vida num valor actual.

Este método tem como vantagem tomar em consideração a dimensão do investimento, podendo-se associar, períodos de retorno necessários para as receitas recuperarem as despesas de investimento iniciais no projecto.

### 5.6.1 CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS

Na estrutura de custos indicada em 4.5, estão incluídas todas as despesas por classes e categorias, segundo as considerações efectuadas nesta metodologia.

Relativamente aos investimentos iniciais, durante o início de exploração do sistema, foram incluídos todos os custos de projecto, planeamento e concepção, considerados os valores atribuídos no contrato de concessão celebrado entre a Câmara Municipal de Valongo, enquanto entidade fiscalizadora, e a empresa Águas de Valongo SA, no ano 2000.

Na figura 5.22 identificam-se os investimentos brutos efectuados desde o ano 2000 até ao ano 2009. Especial atenção deve ser feita, aos investimentos realizados nos primeiros anos de exploração, como grande incremento de investimentos no concelho, para dotar o município de infra-estruturas sanitárias, necessárias para o sistema de drenagem de águas residuais.

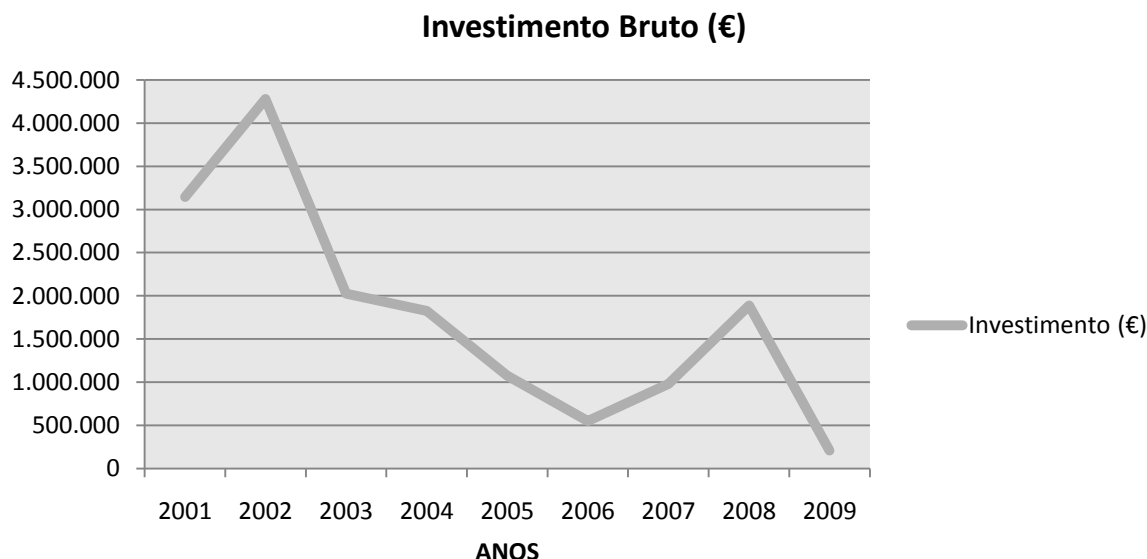


Figura 5. 22 - Evolução dos Investimentos, desde o ano 2000 até 2009.

Relativamente aos custos de instalação do sistema, foram considerados trabalhos de empreitada por *ml* onde foi associado um custo unitário a cada execução de trabalho específico. Entre esses trabalhos de instalação, tiveram-se em consideração:

- Instalação de rede de águas residuais domésticas;
- Reposição de pavimento;
- Ramais domiciliários;
- Caixa ramal de ligação e caixas de visita;
- Forquilhas;

Quanto aos custos de mão-de-obra, foi associado, consoante a especialização de pessoal envolvido, o custo de mão-de-obra/hora, para valores do ano 2009. Teve-se em atenção, as seguintes especialidades:

- Pessoal externo;
- Pessoal técnico e administrativo;
- Pessoal técnico superior;
- Pessoal dirigente;

No que diz respeito, aos custos energéticos, foi considerado o custo energético de todos os equipamentos electromecânicos existentes na rede de saneamento, nomeadamente, bombas hidráulicas a operar em estações elevatórias e estações de tratamento, equipamentos mecânicos e ainda o gasto de combustível das viaturas automóveis pertencentes à empresa. Para isso, considerou-se o seu custo anual, tendo em consideração a variabilidade dos preços de energia praticados em Portugal, pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos – ERSE, [41].

Nos custos de operação, manutenção e reabilitação foram incluídos todos os dispêndios decorrentes das actividades relativas a obras de melhoria, recuperação e implantação de infra-estruturas hídricas para o sistema de drenagem de água residual. Entre esses custos, salientam-se:

- Mão-de-obra;
- O tratamento das lamas nas ETAR, isto é, todos os processos e mecanismos associado à exploração desta instalação: Produtos/Reagentes, Laboratório/Análises e Manutenção;
- Operações de limpeza às Fossas Sépticas Colectivas e Manutenção de colectores devido à ocorrência de deposição de material, que necessita de ser solucionado e transportado para um local apropriado;
- Reparação de equipamentos electromecânicos e tubagens, incluindo a Pavimentação;
- Inspeção vídeo, testes de fumo e vistorias na rede do concelho;
- Equipamentos de Segurança para Higiene e Segurança no trabalho;
- Manutenção da frota automóvel necessária à execução dos trabalhos;
- Transporte de lamas, provenientes das ETAR e que necessita de um destino final adequado para deposição final;

Tal como referido no ponto 4.6, nesta parcela de custo estão incorporados todos os custos ambientais, que em muitas empresas já assumem um papel significativo, quer sejam custos de gestão de resíduos que têm de obedecer a determinada regulamentação, quer sejam de limpeza e transporte para o seu destino final, etc.

Em relação aos custos de eliminação, foram considerados os valores de eliminação de fossas sépticas colectivas, soluções frequentemente utilizadas em zonas isoladas e pequenos aglomerados rurais no concelho. Antes do início de exploração do sistema, este caracterizava-se por ser um concelho com uma baixa cobertura de saneamento e deficitário em termos de infra-estruturas dotadas de redes de drenagem de águas residuais. O valor de eliminação de fossas sépticas colectivas foi considerado, tendo em atenção, o número de fossas eliminadas desde o início da concessão até à presente data e as que se prevêem eliminar no futuro.

Considerou-se igualmente, o custo de eliminação dos materiais, entres os quais, as caixas de visita e caixas ramal de ligação, custos esses, muitas vezes associado a pequenas e médias intervenções no terreno para substituição de materiais que chegaram ao fim da sua duração e necessitam de ser removidos. Para isso, considerou-se os valores unitários para cada intervenção e efectuou-se uma estimativa para os 40 anos, do número de caixas que iriam ser objecto de intervenção. Adoptou-se igualmente, o custo de desactivação de colectores, onde pelo tipo de estimativa a fazer devido à falta de dados sobre esta parcela de custo, optou-se por considerar o valor de referência do ERSAR. Este indicador aponta 1 a 2 % de reabilitação necessária, portanto considerou-se 1,5 % do comprimento total da rede. Quanto ao custo unitário, teve-se em atenção o custo de escavação e aterro de cada intervenção para o período de 1 ano.

Por fim, nesta parcela de custo, considerou-se o custo de substituição das bombas nas estações elevatórias existentes no concelho. Para isso, teve-se em atenção, a anuidade de cada intervenção e o custo global das bombas existentes em cada uma das instalações.

Finalmente, quanto a outros potenciais custos associados, teve-se em atenção os seguros associados, designadamente, à frota automóvel e à prestação dos serviços na Higiene e Segurança no trabalho. Além desta parcela, ainda se teve em consideração as rendas de aluguer que a empresa Águas de Valongo, SA paga anualmente à Autarquia local.

Dever-se-á ter em atenção, que todos os custos aqui descritos, apenas reflectem os custos mais preponderantes de uma rede de saneamento, reflectindo os custos de ciclo de vida da rede durante o seu período de vida útil. Em relação a outros potenciais custos, estes não foram incluídos, devido ao seu grau de afectação para o custo final da rede. Tal dificuldade está implícita nos inúmeros de custos que uma rede contém e na maneira de agregar esses mesmos, em parcelas de custos para a análise de CCV.

Outro aspecto importante e que se deve focar diz respeito aos preços adoptados pela empresa Águas de Valongo SA, pois toda a análise aqui feita tem como base os preços praticados segundo o contrato de concessão. Portanto, a diferença de preços que existe segundo a especificidade dos trabalhos envolvidos, para outro tipo de empresas, não será aqui focado e a estimativa de custos apenas dirá respeito ao sistema de drenagem e tratamento de águas residuais em Valongo.

## 5.6.2 ESTIMATIVA DOS CUSTOS

Todos os dados, relativos aos custos aqui apresentados, foram fornecidos pela empresa Águas de Valongo SA, que realiza a exploração do sistema de acordo, com o contrato de concessão estabelecido

no ano 2000. Todos os dados aqui registados, dizem respeito a valores reais usados na actividade da empresa, eliminando-se a incerteza inerente à análise do Custo de Ciclo de Vida

Quadro 5. 13 - Listagem das Classes e Custos.

Artigos	Investimento inicial (Euros)	Ano de Ocorrência	Custo Anual (Euros)
<b>Custos Iniciais de Investimento</b>			
Serviços de Engenharia			
Contrato de concessão			
<b>total</b>	15.773.000	De 2000 até 2008	
<b>Custos de Instalação e Materiais</b>			
Instalação de Rede de águas Residuais domésticas		2009	
Reposição de pavimento		anual	
Ramais domiciliários		anual	
Caixa Ramal de ligação		anual	
Forquilhas		anual	
Caixas de Visita		anual	
			<b>total</b>
			<b>207.000</b>
<b>Custos de Energia</b>			
Bombas das EE		2009	18.000
EE ETAR Campo		anual	150.000
EE ETAR Ermesinde		anual	115.000
Combustíveis		anual	75.000
<b>total</b>			<b>358.000</b>
<b>Custos de Operação, Manutenção e Reparação</b>			
Mão-de-obra		2009	2.250.000
Tratamento das lamas		anual	176.000
Limpeza de fossas e Desobstrução em colectores		anual	110.666
Reparação (Avarias)		anual	16.928
Inspeção		2005	16.230
Segurança		2009	25.000
Frota automóvel		anual	41.500
Transporte e deposição das lamas (Destino Final)		anual	250.000
<b>total</b>			<b>2.886.32</b>
<b>Custos de Eliminação e Desactivação</b>			
Eliminação de fossas sépticas		2009	4.162
Anulamento de caixas de Visita e CRL		anual	65.913
Substituição dos Grupos Electrobomba nas EE		2018, 2028, 2038, 2048	129.620
Desactivação dos Colectores		anual	144.880
<b>total</b>			<b>344.574</b>
<b>Outros custos associados</b>			
Seguros		2009	20.000
Rendas		anual	264.000
<b>total</b>			<b>284.000</b>
<b>Total do CCV</b>			

Entre os custos acima referidos, foi necessário efectuar algumas considerações previamente, de modo a obter o valor pretendido. Nos custos de OM&R foram incluídos todos os custos de mão-de-obra, manutenção preventiva e correctiva do sistema. Foi ainda considerado visto ter alguma implicância, no

contrato de concessão, os custos associados a Seguros e Rendas, embora sejam valores directamente mais ligados aos aspectos administrativos e directivos.

### 5.6.3 VALOR TEMPORAL DO DINHEIRO E TAXA DE ACTUALIZAÇÃO

Aplicando o que foi referido no ponto 4.5.5, sobre a rentabilidade do investidor, pode-se dizer que o investimento na rede de saneamento se traduz desde logo num custo de oportunidade, implicando que o dinheiro se valorize no tempo. Para isso, incorporar-se-á uma taxa de antecipação de custos futuros, para que obtenha os valores actuais de cada categoria de custo, acima descritos. A propósito disto, existem vários estudos feitos para a análise de custos que se pretende, associando períodos de tempo longos e diferentes casos.

Este é um factor chave na análise de projectos de investimento, estabelecendo a ligação entre a unidade monetária actual e a unidade monetária futura, possibilitando descontar os montantes de custos e benefícios que ocorrem ao longo do período de estudo do projecto para um momento comum, normalmente o momento da decisão, que neste caso pode ser entendido como a data base de início de projecto.

Referência, para um indicador que tem como finalidade medir a evolução no tempo dos preços de um conjunto de bens e serviços considerados representativos em Portugal, isto é, o índice de preços no consumidor (IPC) que em Janeiro de 2009, registou uma taxa de variação homóloga de 0,2%, seis décimas de ponto percentual inferior ao valor observado em Dezembro de 2008. A variação mensal foi de -0,7% (-0,5% em Dezembro de 2008 e -0,1% em Janeiro de 2008). A variação média dos últimos doze meses, diminuiu 0,2 pontos percentuais para 2,4%, [42]. A utilidade do IPC reside no facto de ser através dele que é calculada a taxa de inflação. Algebricamente, a taxa de inflação é calculada como a taxa de variação do IPC entre dois períodos de tempo.

Com a adesão de Portugal ao euro, em Janeiro de 1999, o indicador de referência passou a ser o Índice Harmonizado de Preços no Consumidor (IHPC), utilizado pelo Banco Central Europeu como instrumento para aferir a estabilidade dos preços dentro do espaço europeu. Outra mudança diz respeito, a taxa de juro de referência, neste caso a taxa Euribor, determinada pelo volume de oferta e procura no mercado financeiro.

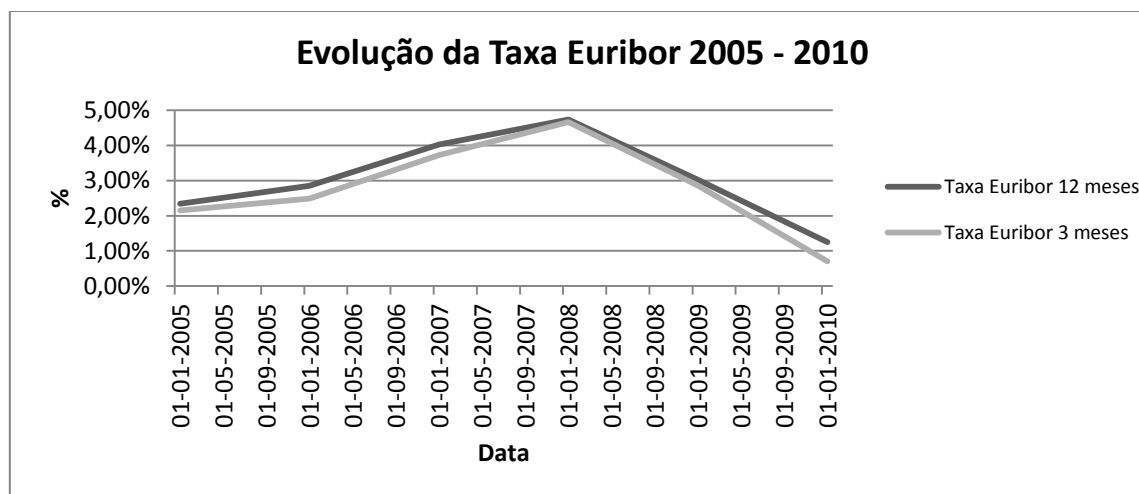


Figura 5. 23 - Evolução da taxa Euribor, a 3 e 12 meses, desde o ano 2005 até 2010,[43].



Pela análise da figura 5.23, verifica-se a partir de 2008, uma descida geral desta taxa de juro, tanto a 3 meses como a 12 meses, atingindo os 0,70% e 1,25%, respectivamente. O crescimento económico e o nível da inflação influenciam fortemente o nível desta taxa e o seu valor percentual.

As entidades gestoras poderão usar na análise económica dos projectos públicos a taxa de actualização estabelecida pelo Banco de Portugal ou outra taxa que entenderem conveniente. Contudo, as empresas públicas que promovem projectos de investimento poderão usar taxas de actualização idênticas às do sector privado, que reflectem os seu próprio mercado e as circunstâncias comerciais prevalecentes, [44]. Na ACCV que aqui se descreve, será utilizada uma taxa de actualização com base nos estudos efectuados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos – ERSE.

#### 5.6.3.1 Valores de Actualização de Custos

Tendo em atenção o actual panorama económico nacional, é normalmente aceite que a taxa de juro real sem risco para o mercado se situe nos 2,5 %, relativamente aos acontecimentos observados nas economias mundiais nos últimos 20 anos.

As particularidades do mercado português e toda a sensibilidade que o analista deve ter a estes aspectos pois, existem diferenças comerciais evidentes relativamente à média europeia. Portanto, considera-se que um valor para a taxa de juro real sem risco, compreendido entre 1,5% e 2,0%, reflecte a realidade financeira em Portugal. Consequentemente, na análise económica aqui descrita, foi considerada uma taxa de actualização de 2 % para integrar o valor temporal do dinheiro, no período de vida útil da rede de saneamento.

Para o cálculo dos valores actualizados dos custos foram aplicadas as fórmulas descritas no ponto 4.5.3, tendo em consideração a forma de como os custos são apresentados, isto é, se são anuidades constantes ou com agravamento de preço a taxa constante ao longo do tempo.

Na ACCV, a análise económica dos custos da rede foi realizada considerando taxas reais de variação de preços, o que na realidade corresponde a uma variação nula, pois estes preços acompanham a taxa de inflação. Excepção, para os custos de energia das ETAR e das estações elevatórias, que incorporam uma taxa real positiva de preço de 2,5% no custo total, durante o período de vida útil.

#### 5.6.4. CUSTOS DE CICLO DE VIDA

Nesta parte, especial referência irá ser feita à forma propriamente dita, que foi realizada esta análise segundo os pressupostos atrás referidos anteriormente.

Considerou-se um período de utilização útil da rede de 40 anos, com início de projecto em 2008, segundo as especificidades apresentadas em 5.3, e que condicionaram a aplicação desta ferramenta relativamente à consideração do investimento inicial para a metodologia. Deste modo, a ACCV foi realizada tendo em consideração que a apenas o custo da energia se altera ano a ano, sendo que os restantes custos mantêm-se constantes ao longo do período de vida útil do projecto.

Seguidamente, será descrita e justificada cada classe de custo e a expressão usada para o cálculo do CCV, tendo especial atenção o valor temporal do dinheiro na data base.

- **Custos de investimento inicial** – Sendo o valor do investimento inicial do contrato de concessão atribuído a este custo, foi necessário ter em conta, não só o seu valor, mas também a forma de

como se efectuou esse investimento. Assim, tendo em conta os dados disponíveis, considerou-se como custo inicial da rede, os custos nos oito primeiros anos, onde se teve de calcular o valor de cada investimento anual desde Novembro de 2000 para o ano 2008. Para efeito, considerou-se a expressão “*Single Compound Amount (SCA)*”, pois o que se pretendia era conhecer o valor futuro desse custo, considerando a anuidade do ano a que se refere o investimento com o ano em que se pretendia conhecer esse custo. No quadro 5.14, apresenta-se os custos todos reportados ao ano 2008 e o seu valor total na da base.

Quadro 5. 14 - Valor total dos investimentos realizados em Novembro de 2008

Investimento realizado (€)	Ano de ocorrência	Valor do investimento em 2008 (€)
3.145.000	2001	3.612.616
4.280.000	2002	4.819.975
2.024.000	2003	2.234.660
1.825.000	2004	1.975.439
1.077.000	2005	1.142.921
550.000	2006	572.220
982.000	2007	1.001.640
1.890.000	2008	1.890.000
<b>Valor Total</b>		<b>17.249.471</b>

Na análise efectuada, foi assim considerado o valor de 17.249.471 euros para os custos de investimento iniciais na rede em Valongo.

- **Custos de Instalação e Materiais** – Dado tratar-se, de anuidades com o mesmo montante, foi considerado o valor do ano 2009, não sujeito a agravamento de custos para os valores que se pretendiam antecipar. Utilizou-se a expressão “*Uniform Present Worth (UPW)*”, onde se considerou 40 anos de período de vida de útil e uma taxa de actualização de 2 %. Outro aspecto importante diz respeito ao valor adoptado, pois considerou-se um valor em média anual de custo de instalação em cada ano, referente a pequenas e médias intervenções na rede. Este valor diz respeito a infra-estruturação da rede e ao constante desenvolvimento da rede, devido à evolução da população no concelho.
- **Custo de Energia** – Neste custo teve-se em atenção uma situação particular nesta metodologia, isto é, a variação do preço de energia a uma taxa real de 2,5% tendo em conta a taxa real de inflação e a taxa de inflação dos produtos energéticos. Para realização desta análise, utilizou-se a expressão de cálculo “*Uniform Present Worth modified (UPW mod)*”, tendo sido considerado o período de 40 anos, uma taxa de actualização de 2% e uma taxa real de aumento de preço da energia de 2,5%.
- **Custos de Operação, Manutenção e Reparação** - Destaque para o facto, de nesta parcela incluírem-se vários custos significativos para uma rede de saneamento, onde se tiveram de efectuar várias considerações nos valores adoptados. Todos os valores, exceptuando o valor do custo de inspecção, foram considerados no ano 2009. Assim, utilizaram-se as expressões “*Uniform Present*

Worth (UPW), pois o que se pretendia era saber o seu valor futuro na data base e considerando um período de 40 anos a uma taxa de actualização de 2%. Apenas para o custo de inspecção, devido a remontar ao ano 2005, foi necessário efectuar uma actualização para 2008 utilizando a expressão “*Single Compound Amount (SCA)*”, considerando uma taxa de 2% e uma anuidade de 3 anos.

- **Custos de Eliminação e Desactivação** – Nesta parcela, é necessário ter em atenção que estes custos ocorrem em situações pontuais após o fim de duração dos materiais e equipamentos. No valor de eliminação de fossas sépticas colectivas considerou-se o número de fossas eliminadas e a ano de intervenção associada a cada eliminação. Saliente-se, que das 6 fossas colectivas existentes no concelho, apenas uma ainda não foi desactivada até à data, pelo que incluiu-se uma estimativa do ano de demolição no custo global desta parcela. Visualizando-se o valor da intervenção e devido às dificuldades nesta estimativa, optou-se por considerar um valor comum ao ano 2009, para essa mesma fossa séptica, no seu custo de eliminação.

Foi considerado a eliminação de caixas de visita e caixas ramal de ligação, considerando o seu preço unitário e o número de unidades eliminadas anualmente. Para isso, teve-se em atenção o número de caixas existentes no concelho, isto é, 10546 caixas e os 40 anos de período de vida útil para a rede de saneamento. Estes dados resultaram em 264 caixas aproximadamente, que teriam, em estimativa, de ser remodeladas anualmente. Aplicou-se a expressão “*Uniform Present Worth (UPW)*”, integrada no raciocínio descrito, de modo a obter-se um valor razoável na aplicação do CCV.

Relativamente aos custos de desactivação de colectores, o indicador base do ERSAR contempla 1 a 2% que se deveria remodelar anualmente. Obteve-se aproximadamente 5 km de rede que teriam de ser remodelados anualmente. Com o custo de escavação e aterro, obteve-se um valor anual de intervenção para o ano 2009. Assim, pela especificidade envolvida, utilizaram-se as expressões “*Uniform Present Worth (UPW)*”, considerando um período de 40 anos a uma taxa de actualização de 2%.

Foi ainda adoptado, o custo de substituição dos grupos elevatórios a operar no sistema considerando a periodicidade de cada intervenção e o custo para o CCV. Assim, considerou-se que em 2018, 2028, 2038, 2048 se teriam de efectuar intervenções na rede e substituir os grupos elevatórios. O valor da substituição foi considerado com o valor à data base, isto é, Novembro de 2008, com uma taxa de actualização de 2%. Para tal, aplicou-se a expressão “*Single Present Worth (SPW)*”, utilizando os pressupostos anteriormente referidos.

Obviamente, tal estimativa comporta um grau de incerteza elevado, mas pelo tipo de conceito de envolvido nesta metodologia, teve-se de incorporar os custos finais de ciclo de vida dos materiais e equipamentos. Realce para o facto de não considerar, o custo de substituição dos equipamentos da ETAR, pois esse valor já se inclui na parcela de custos de manutenção no tratamento das lamas, isto é, na manutenção das grades mecânicas de limpeza, compressores, ventilador e centrífuga, entre os vários equipamentos pertencentes à ETAR de Campo e Ermesinde

- **Outros custos associados** – para o cálculo dos valores actuais destes custos, foram aplicadas as expressões “*Uniform Present Worth (UPW)*”, com um período de 40 anos e 2% de taxa. As anuidades são de igual montante, sem aumento dos preços, embora neste caso seja admitido que a probabilidade de acontecer, tendo em atenção a economia nacional, é reduzida. Nesta parcela,

foram considerados os custos anuais de seguros de pessoal e equipamentos, bem como a renda anualmente paga à Autarquia.

No quadro 5.15 é possível identificar as expressões utilizadas para o cálculo dos custos, bem como, as considerações usadas em cada classe do custo para calcular o valor da classe na data base considerada.

Quadro 5. 15 - Expressões utilizadas para o cálculo (Valongo 2008-2048).

Artigos	Ano de Ocorrência	Expressões de cálculo dos factores de actualização
<b>Custos Iniciais de Investimento</b>		
Serviços de Engenharia		
Contrato de concessão		
<b>total</b>	De 2000 até 2008	SCA; n [1;8]; 2 %
<b>Custos de Instalação e Materiais</b>		
Instalação de Rede de águas Residuais domésticas	2009	UPW; 40; 2%
Reposição de pavimento	anual	
Ramais domiciliários;	anual	
Caixa Ramal de ligação	anual	
Forquilhas	anual	
Caixas de Visita	anual	
<b>total</b>		
<b>Custos de Energia</b>		
Bombas das EE	2009	UPW mod; 40; 2%; 2,5%
EE ETAR Campo	anual	
EE ETAR Ermesinde	anual	
Combustíveis	anual	
<b>total</b>		
<b>Custos de Operação, Manutenção e Reparação</b>		
Mão-de-obra	2009	UPW; 40; 2%
Tratamento das lamas	anual	
Limpeza de fossas e Desobstrução em colectores	anual	
Reparação (Avarias)	anual	
Inspecção	2005	
Segurança	2009	
Frota automóvel	anual	
Transporte e deposição das lamas (Destino Final)	anual	
<b>total</b>		
<b>Custos de Eliminação e Desactivação</b>		
Eliminação de fossas sépticas	2009	-
Anulamento de caixas de Visita e CRL	anual	UPW; 40; 2%
Substituição dos Grupos Electrobomba nas EE	2018, 2028, 2038, 2048	SPW; n [10,20,30,40]; 2%
Desactivação dos Colectores	anual	UPW; 40; 2%
<b>total</b>		
<b>Outros custos associados</b>		
Seguros	2009	UPW; 40; 2%
Rendas	anual	
<b>total</b>		
<b>Total do CCV</b>		

Para isso, teve-se em atenção o ano da ocorrência do custo e os valores que se pretendiam conhecer para o Custo de Ciclo de Vida da rede de drenagem de águas residuais em Valongo. No anexo 1 apresenta-se, o quadro completo, com os factores de actualização considerados em cada parcela de custo. Na parcela de custo referente à eliminação de fossas sépticas, não foi considerado qualquer tipo de actualização do valor, para a data base do CCV admitido neste estudo.

Quadro 5. 16 - Valor total do Custo de ciclo de Vida (Valongo 2008-2048).

Artigos	Ano de Ocorrência	Custos à data base (Euros)	Custo Total na data base (Euros)
<b>Custos Iniciais de Investimento</b>			
Serviços de Engenharia			
Contrato de concessão			
<b>total</b>	De 2000 até 2008	17.249.471	<b>17.249.471</b>
<b>Custos de Instalação e Materiais</b>			
Instalação de Rede de águas Residuais domésticas	2009		
Reposição de pavimento	anual		
Ramais domiciliários;	anual		
Caixa Ramal de ligação	anual		
Forquilhas	anual		
Caixas de Visita	anual		
<b>total</b>		202.941	<b>5.551.553</b>
<b>Custos de Energia</b>			
Bombas das EE	2009	17.647	781.555
EE ETAR Campo	anual	147.059	6.512.961
EE ETAR Ermesinde	anual	112.745	4.993.270
Combustíveis	anual	73.529	3.256.480
<b>total</b>			<b>15.544.266</b>
<b>Custos de Operação, Manutenção e Reparação</b>			
Mão-de-obra	2009	2.205.882	60.342.968
Tratamento das lamas	anual	172.549	4.720.161
Limpeza de fossas e Desobstrução em colectores	anual	108.496	2.967.962
Reparação (Avarias)	anual	16.596	453.994
Inspecção	2005	17.223	471.155
Segurança	2009	24.510	670.477
Frota automóvel	anual	34.725	949.919
Transporte e deposição das lamas (Destino Final)	anual	245.098	6.704.774
<b>total</b>			<b>77.281.411</b>
<b>Custos de Eliminação e Desactivação</b>			
Eliminação de fossas sépticas	2009	4.080	4.080
Anulamento de caixas de Visita e CRL	anual	64.620	1.767.714
Substituição dos Grupos Electrobomba nas EE	2018, 2028, 2038, 2048	127.078	317.478
Desactivação dos Colectores	anual	142.039	3.885.551
<b>total</b>			<b>5.974.822</b>
<b>Outros custos associados</b>			
Seguros	2009	19.608	536.382
Rendas	anual	258.824	7.080.242
<b>total</b>			<b>7.616.624</b>
<b>Total do CCV</b>			<b>129.218.147</b>

Observando o quadro 5.16, pode-se compreender o peso e valor das várias classes de custos têm para o custo total do CCV. Em primeira análise, verifica-se que os custos de Operação, Manutenção e Reparação, comportam obviamente grande parte dos custos globais da rede de saneamento. Em contraste com esse valor, verifica-se que os custos de Eliminação e Desactivação têm a menor implicância no CCV do sistema. Tal observação poderá derivar das estimativas feitas e da falta de dados, derivados desta parcela de custo.

Observa-se ainda, que os custos mais importantes numa rede de saneamento são os custos de mão-de-obra, de energia, e os custos relativos à exploração e manutenção de cada uma da ETAR do concelho. Estas três categorias de custo representam mais de 80 % do total de custo global da rede.

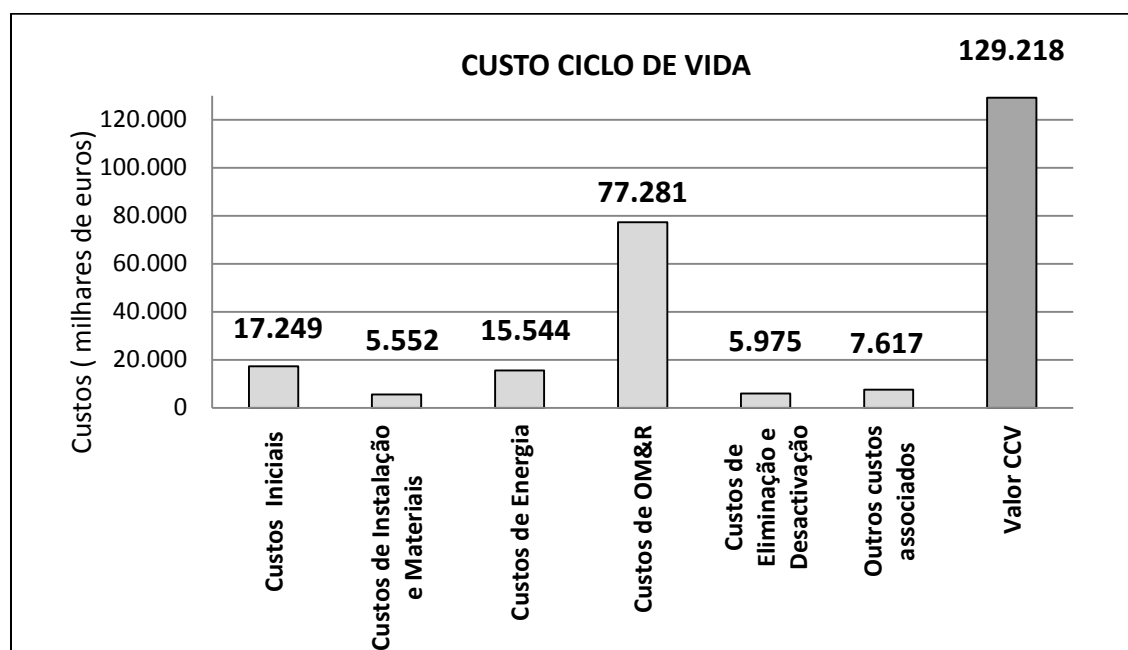


Figura 5. 24 – CCV por categorias de custo e respectivos valores.

Pela análise da Figura 5.24, compreende-se a importância das várias classes de custos para o CCV de uma rede de saneamento. A análise da percentagem de afectação, de cada parcela de custo, será feita no capítulo das conclusões e recomendações, mais frente nesta dissertação. Com já foi referido, no anexo 1, apresenta-se o quadro completo da ACCV, onde surgem todos os valores e fórmulas utilizadas nesta análise.

#### 5.6.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Neste tipo de estudos em envolvidos, no âmbito de estudo dos custos globais de uma rede, torna-se de facto importante realizar uma análise de sensibilidade aos valores envolvidos e ao tipo de variação de algumas parcelas custos. Esta análise visa atender a alguma incerteza, que pode derivar do tipo de estimativas envolvidas.

Assim sendo, serão alvo de uma análise de sensibilidade no valor total dos CCV, os seguintes parâmetros:

- A variação da taxa real do preço da energia;
- A variação da duração do período de vida útil da rede de saneamento;

Relativamente ao primeiro parâmetro, começou-se por considerar que os preços poderão aumentar a uma taxa superior ao previsto. Assim, procurou-se avaliar a sensibilidade do valor de CCV à alteração real de 2,5% para 5%, no cálculo do CCV.

Quadro 5. 17 - Análise de sensibilidade do CCV à variação de 5% no custo de energia.

Artigos	Ano de Ocorrência	Custos à data base (Euros)	Expressão de cálculo com os factores de actualização	Custo Total na data base (Euros)
<b>Custos de Energia</b>				
Bombas das EE	2009	17.647	UPW mod; 40; 2%; 5%	1.351.624
EE ETAR Campo	anual	147.059		11.263.532
EE ETAR Ermesinde	anual	112.745		8.635.375
Combustíveis	anual	73.529		5.631.766
<b>Total</b>				<b>26.882.297</b>

Observando o quadro 5.17, verifica-se que a alteração da taxa real do preço da energia originou um aumento 8,77 % no valor total da ACCV, portanto, 7% a mais de custo de energia em relação à variação introduzida inicialmente. Efectuou-se uma nova análise, mas agora considerando que a taxa de real seria de 1,5% durante o período de estudo, portanto menos 1 % em relação ao valor inicialmente adoptado.

Quadro 5. 18 - Análise de sensibilidade do CCV à variação de 1,5% no custo de energia.

Artigos	Ano de Ocorrência	Custos à data base (Euros)	Expressão de cálculo com os factores de actualização	Custo Total na data base (Euros)
<b>Custos de Energia</b>				
Bombas das EE	2009	17.647	UPW mod; 40; 2%; 1,5%	639.265
EE ETAR Campo	anual	147.059		5.327.211
EE ETAR Ermesinde	anual	112.745		4.084.195
Combustíveis	anual	73.529		2.663.606
<b>Total</b>				<b>12.714.277</b>

Analisando o quadro 5.18, na alteração ao custo global da energia, constata-se que a variação do valor é pequena pois, originou uma diminuição do valor da energia em 2% relativamente aos 12 %,

resultantes da variação inicialmente introduzida. Assim, obteve-se 10% de contribuição desta parcela de custo para o CCV, introduzindo uma variação na ACCV em 2,83%. Pode-se assim compreender, que esta modificação não introduz uma alteração muito significativa ao valor total do CCV.

Analizou-se também, o que aconteceria ao custo de global da rede de saneamento, se o período de vida útil aumentasse ou diminuísse, mantendo constante os outros factores que intervêm na ACCV. Para isso, alterou-se, valor do período de vida útil no cálculo de CCV, considerando os períodos de 20,30 e 50 anos, na metodologia de análise do custo de ciclo de vida.

A questão do valor do período de vida útil introduz alguma subjectividade ao CCV de uma rede de saneamento. Entres todos os equipamentos e instalações que compõem o sistema, claramente o período de vida sofrerá grandes alterações, pelo tipo de rede, características dos materiais, condições hidráulicas, fisiografia do terreno e a variabilidade das afluentes à rede. Neste tipo de abordagem, procurou-se saber então, qual a implicância do período de vida útil no valor total dos custos, segundo as características aqui reportadas e que alteram a veracidade da análise aqui pretendida.

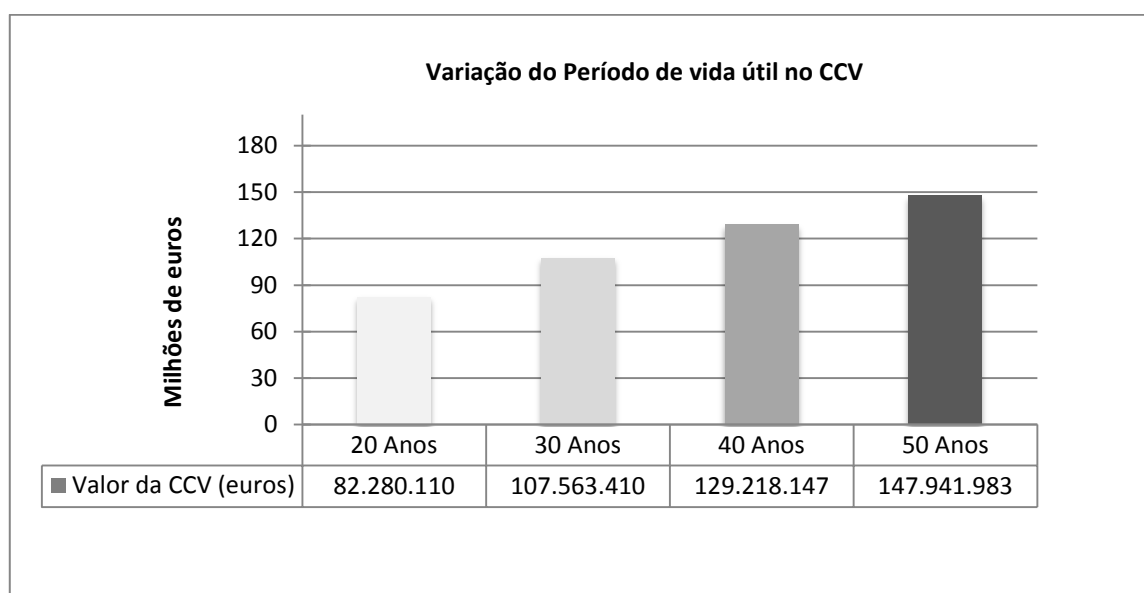


Figura 5. 25 - Análise de sensibilidade à variação do Período de Vida útil

Analisando a figura 5.25, verifica-se que a variação do período de vida útil introduz uma grande variação ao valor da ACCV. Considerando-se 20 anos, o valor do CCV decresce 36,2% relativamente ao valor inicial considerado. Se por outro lado, ao se admitir que o período de vida útil poderá ser de 50 anos, esta implicância é menor, atingindo mais 14,5 %.

Portanto, conclui-se, que o CCV é mais sensível à variação do período de vida útil. Por estas constatações, facilmente se percebe a importância deste tipo de análise e a relevante informação que ACCV produz para quem a utilizar.



# 6

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. CONCLUSÕES

Este estudo pretendeu constituir um contributo para a gestão integrada dos sistemas de drenagem de águas residuais, através da aplicação das ferramentas ACV e ACCV à realidade do saneamento existente e em exploração no concelho em Valongo.

Para isso foram consideradas várias fases do ciclo de vida com potenciais impactos ambientais, abrangendo as etapas intervenientes no caso em estudo, com implicância na degradação do ambiente. Contemplando os objectivos propostos no âmbito da aplicação do conceito – ACV, foi realizada a inventariação dos recursos, tendo como especial enfoque, os fluxos de entrada e saída no ciclo de vida da rede de drenagem de águas residuais de Valongo.

Foram analisados os processos intervenientes, de acordo com os dados de exploração da empresa Águas de Valongo SA, em 2009, permitindo quantificar os volumes de infiltração, a energia consumida na rede, o volume de excedente descarregado sem tratamento para o solo e os resíduos produzidos nas ETAR do concelho. Em relação às emissões gasosas e emissões de poluentes para a água e para o solo, não foi possível obter dados junto das Águas de Valongo SA, pelo que condicionou a aplicação desta ferramenta de gestão à situação existente.

Assim sendo, em relação à etapa seguinte referente à avaliação de impactos ambientais, não foi possível avaliar segundo diferentes categorias de impacto, as etapas de septicidade, exfiltração e descargas nas redes de drenagem de Valongo. Salienta-se, para a emissão de gases, serem necessário medidores de gases e tempo disponível, para que se avalie as substâncias emitidas para a atmosfera. Para a emissão de poluentes para a água, ressalve-se a ausência de dados em relação aos parâmetros CBO e SST, resultantes do tratamento das águas residuais. Em relação à emissão de substâncias para o solo, não estiveram disponíveis as caracterizações qualitativas dos potenciais focos de poluição ocorridos em 2009.

Estas limitações, relacionadas com os dados disponíveis, constituíram a principal lacuna de informação relativa ao inventário, não permitindo a avaliação do ciclo de vida no âmbito dos objectivos inicialmente propostos. Para tal, seriam necessários estudos mais alargados e outros meios, para a avaliação do impacto ambiental dos aspectos relacionados com a exploração do sistema em Valongo.

Assim, incorporando os princípios da análise de ciclo de vida e considerando a análise efectuada dos processos interventivos no sistema, foi proposto, como forma de avaliação e interpretação, a utilização de indicadores de desempenho.

Na presente dissertação considerou-se os indicadores de desempenho aplicáveis ao sistema de drenagem de águas residuais em Valongo, orientado por objectivos específicos, direccionando para os aspectos ambientais, infra-estruturais e operacionais a avaliação do seu desempenho.

No caso de estudo analisado, verificou-se uma menor disponibilidade de dados de referência nos indicadores ambientais e infra-estruturais. No caso da avaliação do desempenho operacional tendo em especial atenção os valores desejáveis, verificou-se alguma diferença dos resultados dos indicadores utilizados relativamente aos indicadores de referência propostos pelo ERSAR, necessitando de uma abordagem mitigadora de modo a otimizar estes indicadores. Saliente-se que, devido à falta de dados providos de outras entidades, não foi possível efectuar uma análise mais completa ao sistema, pois permitiria uma comparação mais justa entre entidades gestoras dos serviços de drenagem e tratamento de águas residuais.

Tendo em conta a aplicação dos indicadores de desempenho operacionais aos custos resultantes, foi apresentado a metodologia possível destinada a apoiar os processos de tomada de decisão no âmbito de optimização dos custos de manutenção e de energia, tendo como base, os indicadores de desempenho.

A dimensão de cada indicador terá consequências nos trabalhos de manutenção e exploração de cada entidade gestora, o que se irá reflectir na factura a pagar pelos utentes que usufruem destes serviços.

Para além destes aspectos, foi integrado na aplicação ao caso em estudo, o custo do ciclo de vida do sistema, no sentido de aferir os custos mais relevantes na rede, tendo em consideração os volumes do contrato de concessão celebrados pela empresa Águas de Valongo, em Novembro de 2000. Este estudo contemplou os custos mais relevantes, desde os investimentos iniciais, até aos custos de eliminação e desactivação dos materiais e equipamentos, após o fim do seu período de vida útil.

Os resultados da ACCV, permitiriam concluir os seguintes aspectos:

- Peso dos custos iniciais no total do CCV – 13% (17249471 euros)
- Peso dos Custos de instalação e mão-de-obra no total do CCV – 4% (5551553 euros)
- Peso dos Custos de energia no total do CCV – 12% (15544266 euros)
- Peso dos Custos de operação, manutenção e reparação no total do CCV – 60% (77281411 euros)
- Peso dos Custos de eliminação e desactivação no total do CCV – 5% (5974822 euros)
- Peso dos outros custos associados no total do CCV – 6% (7616624 euros)
- Custo total do CCV - 129218147 euros para o caso em estudo.

Analisando os valores da ACCV, conclui-se a importância dos factores intervenientes na análise de custos à rede de Valongo, nomeadamente:

**Energia** – Comporta um peso importante relativamente aos valores da ACCV, devendo ser alvo de estratégias claras de intervenção, com vista à poupança energética e que terá obviamente, implicância nos custos resultantes para a entidade gestora. No caso em estudo, verificou-se o substancial peso da energia gasta em estações de tratamento de águas residuais.

**Investimentos** – O valor dos investimentos é relevante, numa época onde os apoios financeiros se tornam cada vez mais escassos, necessitando de abordagens que incorporem princípios de sustentabilidade financeira. Assim, uma análise Custo / Benefício, deverá ser sempre tida em conta, embora pela ACCV, se possa concluir que os investimentos iniciais apenas comportam 13% dos

custos globais de projecto. Portanto, numa visão a longo prazo, a opção deve recair no menor CCV, e não, nos menores custos iniciais. A duração e eficiência dos equipamentos poderão ser importantes, ao invés de soluções mais fáceis e preferíveis a curto prazo.

**Vida útil do projecto** – Pelo motivo de ser um factor preponderante na análise ao caso em estudo, teve-se em conta um estudo de variação deste parâmetro. Naturalmente, quanto maior o período de vida útil, maior serão os custos globais da ACCV. Analisando os dados obtidos, considerando 20 anos de duração, obteve-se um custo de 82280109 euros, enquanto para 50 anos, a ACCV fixou-se nos 147941983 euros.

**Eliminação dos equipamentos** – Considerando o conceito de CCV, foi necessário integrar os custos finais de ciclo de vida. Assim, tendo em conta a indisponibilidade dados relativamente a estes aspectos, foi necessário efectuar algumas considerações, nomeadamente, em relação à desactivação de colectores e anulamento de caixas de visita. A integração do valor recomendável do ERSAR permitiu avaliar estes custos em 210793 euros anuais, possibilitando a caracterização da dimensão do investimento que futuramente será necessário atribuir as entidades que gerem os sistemas de drenagem de águas residuais.

**Técnicas de exploração e manutenção** – a gestão de um projecto de forma eficiente, sem desperdícios de gastos e de baixos impactos ambientais terão, obviamente, consequências nos custos para as entidades gestoras. Pelo valor dos custos de Operação, Manutenção e Reparação, conclui-se a grandeza desse valor relativamente aos valores globais do projecto. Assim, a ACCV terá aqui um importante papel a apontar caminhos que melhor se adequem aos objectivos das entidades gestoras, contribuindo para a análise da dimensão do investimento necessário para otimizar o sistema. A melhoria das técnicas de manutenção deve ser claramente alvo de investigação e desenvolvimento, tendo em vista uma diminuição dos custos de exploração, o que implicará uma redução dos custos globais do projecto.

Realce para o facto de não ter sido feita nenhuma comparação entre várias alternativas de projecto, o que iria possibilitar avaliar outras soluções sob o ponto de vista funcional diferentes, com diferentes custos iniciais e de manutenção.

Este estudo permitiu conhecer vários modelos e teorias económicas acerca da ACCV, como forma de integração dos custos nas componentes de engenharia, possibilitando sob o ponto de vista de gestão dos sistemas, o conhecimento dos impactos económicos dos projectos de drenagem de águas residuais. Embora desejáveis, não foram tidas em conta medidas de recuperação do investimento, de modo a avaliar a rentabilidade do projecto.

Um aspecto importante a focar, tendo em especial atenção a aplicabilidade do conceito CCV, é o facto de não se ter tido em conta o valor da rede já edificada e do custo de instalação das ETAR do concelho. Tal medida, deveu-se às circunstâncias de se considerar apenas os valores da concessão da rede em Valongo, pois apenas estavam disponíveis os dados de exploração relativos ao sistema.

Embora reconhecendo na evolução dos últimos anos no saneamento em Portugal, conclui-se ser ainda necessário a introdução de medidas de eficiência dos sistemas e medidas de sustentabilidade económica. Questões relacionadas com o previsível aumento de efluentes e geração de resíduos, deverão ser alvo de análise por parte das entidades gestoras, não só do ponto de vista ambiental, como igualmente do ponto de vista de gestão económica das redes de drenagem de águas residuais.

## **6.2. RECOMENDAÇÕES**

No seguimento do estudo realizado, algumas oportunidades e sugestões para a realização de trabalhos futuros são de seguida apontados com vista a complementar e desenvolver os resultados obtidos neste estudo. Salientam-se algumas que se relacionam com as limitações do estudo apresentado e outras que poderão alargar o âmbito deste estudo a estudos mais abrangentes ou identificação de oportunidades de melhoria nas redes de drenagem e tratamento de águas residuais.

Desse modo e para o efeito enumeram-se as seguintes:

- Com base na inventariação dos recursos feita na análise de ciclo de vida à rede de Valongo, realizar uma avaliação de impactos ambientais aos sistemas, tendo como base o conceito análise de ciclo de vida. No caso em estudo, devido aos processos intervenientes ainda não estarem bem definidos, houve a impossibilidade na quantificação dos recursos em causa, condicionando os objectivos pretendidos. Alargando as fronteiras destes estudos, poder-se-á obter uma avaliação aos efeitos da utilização e manutenção das redes de saneamento, e saber qual a implicância para o meio ambiente;
- A partir da obtenção de cenários de impacto ambiental, poder-se-á implementar medidas de reduções das cargas poluentes, tendo em conta o aumento previsível das cargas sobre os sistemas. Numa análise ao caso em estudo, não foram contabilizados os custos ambientais, provenientes de focos de poluição para a água e para o solo, devido à falta de dados disponíveis;
- Para alguns indicadores de desempenho já existem metas estabelecidas no seio da comunidade técnica e científica. No entanto, para outros indicadores é ainda necessária a definição de metas, ou seja, gamas de valores a atingir pelas entidades gestoras. Assim, será necessário, no futuro, uma maior definição dos valores de referência para cada indicador de desempenho;
- Validação desta metodologia noutros sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, como forma de comparação, no sentido de avaliar a aplicabilidade e as características distintas dos sistemas de cada concelho, em Portugal. No caso de indicadores de desempenho, avaliar os indicadores utilizados neste estudo, em outros sistemas.
- Evolução desta metodologia de custos em formato informático, para uma maior facilidade de gestão do sistema e possibilitando a criação de uma base de dados que incorpore as técnicas de manutenção e exploração nos seus consequentes custos a longo prazo.

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] ERSAR, Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal 2008 vol. 1: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos 2009.
- [2] Gabinete do Ministro do Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território, Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2000-2006)
- [3] P. Monteiro, "Saneamento Básico em Portugal - aula nº2," Mestrado Integrado em Engenharia Civil, ed. FEUP, 2005.
- [4] Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, "Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2007-2013)," ed, 2007.
- [5] Decreto-Lei nº 207-94, de 6 de Agosto, Diário da República, 1994.
- [6] Decreto-Lei nº152/97, de 19 de Junho, Diário da República, 1997.
- [7] Decreto-Lei nº 348/98, de 9 de Novembro, Diário da República, 1998.
- [8] Decreto-Lei nº 56/99, de 26 de Fevereiro, Diário da República, 1999.
- [9] Decreto-Lei nº 390/99, de 30 de Setembro, Diário da República, 1999.
- [10] Decreto-lei nº149 /2004, de 26 de Maio, Diário da República, 2004.
- [11] Decreto-Lei nº236/98, de 1 de Agosto, Diário da República, 1998.
- [12] Decreto-Lei n.º 294/94, de 16 de Novembro, Diário da República, 1994.
- [13] Decreto-Lei n.º 319/94, de 24 de Dezembro, Diário da República, 1994.
- [14] Decreto - Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, Diário da República, 1995.
- [15] Lei n.º 88-A/97, de 25 de Julho, Diário da República, 1997.
- [16] J. A. Fava, A technical framework for life-cycle assessments, Vermont ed. Washington, D.C: Setac Foundation for Environmental Education, 1991.
- [17] R. Hunt and E. Franklin, "How it Came About. Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA," International Journal of LCA, vol. 1 (1) 4-7., 1996.
- [18] USEPA, "U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation," LCAccess - LCA 101, 2001.
- [19] S. Ahbe, et al., Methodologie des Ecobilans sur la base de l'optimisation écologique. Berne: l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 1991.
- [20] P. Hindle and N. T. d. Oude, "SPOLD-society for the promotion of life cycle development," The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 1, pp. 55-56, 1996.

- [21] T. Tibor and I. Feldman, "A Guide to the New Environmental Management Standards," ed. USA: Times Mirror Higher Education Group, 1996.
- [22] M. Curran, The Status of LCA vol. 4. Landsberg, Germany, 1999.
- [23] Y. Kawauchi and M. Rausand, "Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries," ed, June, 1999.
- [24] R. Brown and R. Yanuck, "Introduction to Life Cycle Costing," The Fairmont Press, 1985.
- [25] S. Fuller and S. Petersen, Life-cycle costing manual for the Federal Energy Management Program: NIST handbook ; 135, 1995.
- [26] B.S.Blanchard and W. J. Fabrycky, Systems Engineering and Analysis, 1998.
- [27] B. S. Blanchard and W. J. Fabrycky, Life-cycle cost and economic analysis: Prentice Hall international series in industrial and systems engineering, 1991.
- [28] A. J. C. Pereira, "Análise do custo do Ciclo de vida da Eta de Queimadela," Mestre, Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.
- [29] (12/06/2010). Index Mundi. Available: <http://www.indexmundi.com/>
- [30] (10/06/2010 ). Dados Estatísticos de Valongo. Available: [www.ine.pt](http://www.ine.pt)
- [31] P. Huberto, "Relatório de inspeção de saneamento," ed. Águas de Valongo SA.
- [32] P. Monteiro, "Saneamento Básico em Portugal - aula nº6," in Mestrado Integrado em Engenharia Civil, ed. FEUP, 2005.
- [33] (19/06/2010). Oil Blockage. Available: [www.wsscwater.com/images/grease\\_pipe.gif](http://www.wsscwater.com/images/grease_pipe.gif)
- [34] (5/07/2010). Etar da Charneca. Available: [www.youngreporters.org/IMG/jpg/etar.jpg](http://www.youngreporters.org/IMG/jpg/etar.jpg)
- [35] Tiago Alexandre da Palma Veigas, "Contribuição para a optimização da operação de sistemas de drenagem de águas residuais," Grau de Mestre, Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico 2007.
- [36] José Saldanha Matos, "Sistema interceptor Marginal do Porto," in Avaliação do Comportamento Hidráulico - Sanitário, ed: Noráqua, Lda, 1998.
- [37] (29-06-2010). Descargas de efluentes poluem Rio Onda. Available: [http://www.amigosdomindelo.pt/justica/rio\\_onda\\_ficheiros/image013.jpg](http://www.amigosdomindelo.pt/justica/rio_onda_ficheiros/image013.jpg)
- [38] R. Matos, et al., "Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais," ed: Instituto Regulador de Águas e Resíduos Laboratório Nacional de Engenharia Civil 2004.
- [39] José M. P. Vieira and Jaime Melo Baptista, "Indicadores de Desempenho para Melhoria dos Serviços de Saneamento Básico," ed, 2008.
- [40] Paula Alexandre Rebelo Teixeira, "Avaliação do Desempenho de Estações de Tratamento de Água para Consumo Humano," Grau de Doutor Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 2009.

- [41] ERSE, "Tarifas e Preços para a Energia Eléctrica em 2009 e Parâmetros para o Período de Regulação 2009 a 2011," Lisboa, 2008.
- [42] INE, "Índice de Preços no Consumidor," presented at the Informação à Comunicação Social, 2009.
- [43] (15/06/2010 ). Euribor - Rates. Available: <http://pt.euribor-rates.eu/>
- [44] Martinho Cristiano de Oliveira baptista and Vasco Alexandre Dias Lopes, "Seleção da Taxa de Actualização," ed. Coimbra: Instituto Superior de Engenharia de Coimbra 2006.





# **ANEXO 1**

## **INDICADORES DE DESEMPENHO**



	Indicador de desempenho	Método de Cálculo	Valor	Unidade
Indicadores Ambientais (wEn)	<b>wEn4 – Volume de descargas de excedentes</b>	(Volume total de águas residuais descarregado durante o período de referência x 365 / período de referência) / número total de descarregadores de tempestade, na data de referência	1.755.250	m3/d Descarregador de tempestade/ano
	<b>wEn6 - Produção de lamas em ETAR</b>	(Peso seco de lamas produzidas em instalações de tratamento da responsabilidade da entidade gestora, durante o período de referência x 365 / período de referência) / equivalente de população que é servido por instalações de tratamento na data de referência x 1000	17,5	kg MS/e.p./ano
	<b>wEn14 – Remoção de gradados e areias</b>	(Peso escorrido de gradados e de areias removidos de instalações elevatórias e de instalações de tratamento durante o período de referência x 365 / período de referência) / comprimento total da rede de colectores na data de referência	1,4	(ton/km colector/ano)
Indicadores infra-estruturais (wPh)	<b>wPh8 – Potência de bombagem utilizada no sistema de drenagem</b>	Soma, para todas as bombas instaladas na rede de drenagem (potência nominal x número de horas de bombagem, durante o período de referência) / (potência nominal total instalada na rede de drenagem x período de referência x 24) x 100	5,5	%
	<b>wPh9 – Potência de bombagem utilizada em ETAR</b>	Soma, para todas as bombas instaladas nas instalações de tratamento (potência nominal x número de horas de bombagem, durante o período de referência) / (potência nominal total instalada de bombeamento nas instalações de tratamento x período de referência x 24) x 100	451,3	%



		Indicador de desempenho	Método de Cálculo	Valor	Unidade
Indicadores operacionais (wOp)		<b>wOp18 – Consumo de energia em instalações de tratamento</b>	(Energia consumida nas instalações de tratamento durante o período de referência x 365 / período de referência) / Equivalente de população servido por instalações de tratamento da responsabilidade da entidade gestora na data de referência	25	kWh/e.p./ano
		<b>wOp21 – Reabilitação de colectores</b>	(Comprimento de colectores reabilitados durante o período de referência x 365 / período de referência) / comprimento total de colectores na data de referência x100	1,0	%/ano
		<b>wOp24 – reparação de colectores (incluindo juntas)</b>	Número de reparações realizadas em colectores e juntas durante o período de referência x 365 / período de referência) / comprimento total de colectores na data de referência x 100	22,7	nº/100 km colector/ano
		<b>wOp31 – Ligações indevidas</b>	(Volume de água entrado nos colectores, proveniente de ligações indevidas durante o período de referência x 365 / período de referência) / comprimento total da rede de colectores na data de referência	4.655	(m3/km/ano)
		<b>wOp32 – Infiltração</b>	(Volume de água entrado nos colectores, proveniente de águas subterrâneas x 365 / período de referência) / comprimento total da rede de colectores na data de referência	7.284	(m3/km/ano)
		<b>wOp34 – Obstruções em colectores</b>	(Número de obstruções ocorridas em colectores durante o período de referência x 365 / período de referência) / comprimento total da rede de colectores na data de referência x 100	183	nº/100 km/ano)



# **ANEXO 2**

**ACCV COM OS VOLUMES DO  
CONTRATO DE CONCESSÃO EM  
2009**





Artigos	Investimento inicial (Euros)	Ano de Ocorrência	Custo Anual (Euros)	Custos à data base (Euros)	Exp. de cálculo dos factores de actualização	Custo Total na data base (Euros)
<b>Custos Iniciais de Investimento (ano 2000 até 2008)</b>						
Serviços de Engenharia						
Contrato de concessão						
<b>Total</b>	15.773.000	De 2000 até 2008		17.249.471	SCA; n [1;8]; 2 %	<b>17.249.471</b>
<b>Custos de Instalação e Materiais</b>						
Instalação de Rede de águas Residuais domésticas		2009			UPW; 40; 2%	
Reposição de pavimento		anual				
Ramais domiciliários;		anual				
Caixa Ramal de ligação		anual				
Forquilha		anual				
Caixas de Visita		anual				
			<b>Total</b>			
			<b>207.000</b>	202.941		<b>5.551.553</b>
<b>Custos de Energia</b>						
Bombas das EE		2009	18.000	17.647	UPW mod; 40; 2%; 2,5%	781.555
EE ETAR Campo		anual	150.000	147.059		6.512.961
EE ETAR Ermesinde		anual	115.000	112.745		4.993.270
Combustíveis		anual	75.000	73.529		3.256.480
<b>Total</b>			<b>358.000</b>			<b>15.544.266</b>
<b>Custos de Operação, Manutenção e Reparação</b>						
Mão-de-obra		2009	2.250.000	2.205.882	UPW; 40; 2%	60.342.968
Tratamento das lamas		anual	176.000	172.549		4.720.161
Limpeza de fossas e Desobstrução em colectores		anual	110.666	108.496		2.967.962
Reparação (Avarias)		anual	16.928	16.596		453.994
Inspeção		2005	16.230	17.223		471.155
Segurança		2009	25.000	24.510		670.477
Frota automóvel		anual	41.500	34.725		949.919
Transporte e deposição das lamas (Destino Final)		anual	250.000	245.098		6.704.774
<b>Total</b>			<b>2.886.324</b>			<b>77.281.411</b>
<b>Custos de Eliminação e Desactivação</b>						
Eliminação de fossas sépticas		2009	4.162	4.080	-	4.080
Anulamento de caixas de Visita e CRL		anual	65.913	64.620	UPW; 40; 2%	1.767.714
Substituição dos Grupos Electrobomba nas EE		2018, 2028, 2038, 2048	129.620	127.078	SPW; n [10,20,30,40]; 2%	317.478
Desactivação dos Colectores		anual	144.880	142.039	UPW; 40; 2%	3.885.551
<b>Total</b>			<b>344.574</b>			<b>5.974.822</b>
<b>Outros custos associados</b>						
Seguros		2009	20.000	19.608	UPW; 40; 2%	536.382
Rendas		anual	264.000	258.824		7.080.242
<b>Total</b>			<b>284.000</b>			<b>7.616.624</b>
<b>Total do CCV</b>						<b>129.218.147</b>



